А Н Несмеянов
В М Беликов



Пища будущего



АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ НЕСМЕЯНОВ — крупнейший советский химик-органик, академик с 1943 г., Герой Социалистического Труда.

А. Н. Несмеянов родился в Москве в 1899 г.; в 1922 г. окончил физико-математический факультет МГУ и с той поры более полувека занимается научными исследованиями. Он сделал множество важных открытий. выпустил около 1100 научных работ.

В 1948—1951 гг. был ректором Московского университета. В течение 10 лет, с 1951 по 1961 г., был президентом Академии наук СССР, руководил всей научной работой советских ученых. С 1954 г. по настоящее время — директор Института элементоорганических соединений.

А. Н. Несмеянов — член 18 зарубежных академий наук и научных обществ, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий.

ВАСИЛИЙ МЕНАНДРОВИЧ БЕЛИКОВ — доктор химических наук, профессор. Родился в Москве в 1927 г., окончил Московский химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева. В 1954 г. окончил аспирантуру Института органической химии АН СССР, защитил кандидатскую диссертацию и продолжал работать в этом институте до 1961 г. С 1961 г. работает в Институте элементоорганических соединений АН СССР заведующим лаборатории синтеза пищевых веществ. Научная деятельность В. М. Беликова связана с разработкой химических и ферментативных методов синтеза аминокислот.

В 1968 г. защитил докторскую диссертацию, а в 1973 г. ему было присвоено звание профессора.

В. М. Беликов — председатель Научного совета АН СССР «Научные основы получения искусственной пищи». Он автор более 300 научных работ. Награжден орденом «Знак Почета».

А. Н. Несмеянов
В. М. Беликов

Библиотечка
Детской
энциклопедии



Пища будущего



Редакционная коллегия
И. В. Петрянов
(главный редактор),
И. Л. Кнунянц,
А. Л. Нарочницкий

Литературная
обработка
Г. Гуревича



Москва
«Педагогика», 1979

ББК24.7
Н55

Несмеянов А. Н., Беликов В. М.

Н55 Пища будущего. — М.: Педагогика, 1979. — 128 с., ил. — (Б-чка Дет. энциклопедии «Ученые — школьнику»).

ИСБН

Что такое пища? Какое значение вкладывают учёные в это, казалось бы, повседневное, обычное слово? С понятием пищи непосредственно связаны здоровье общества, красота и совершенство каждого человека.

О том, как эти проблемы решаются человеческой мыслью, что такое пища с точки зрения химиков, как ученые разрабатывают в своих лабораториях новые перспективные методы получения пищевых продуктов, о всесторонней помощи науки различным отраслям пищевой промышленности рассказывается в этой книге.

Н $\frac{78000\text{-}034}{005(01)\text{-}79}$ 47-79. 4802000000 **ББК 24.7 547**

«Хотя в первобытном быте, особенно же в охотническо-пастушеском, многое из необходимейшего для людей прямо должно было получаться от животных, но уже ныне человечество настолько освободилось от этой печальной необходимости, что мыслима возможность совершенно избавиться в пище, одежде и всем прочем от потребности в каких-либо животных для продолжения всего развития людей...»

Д. И. Менделеев

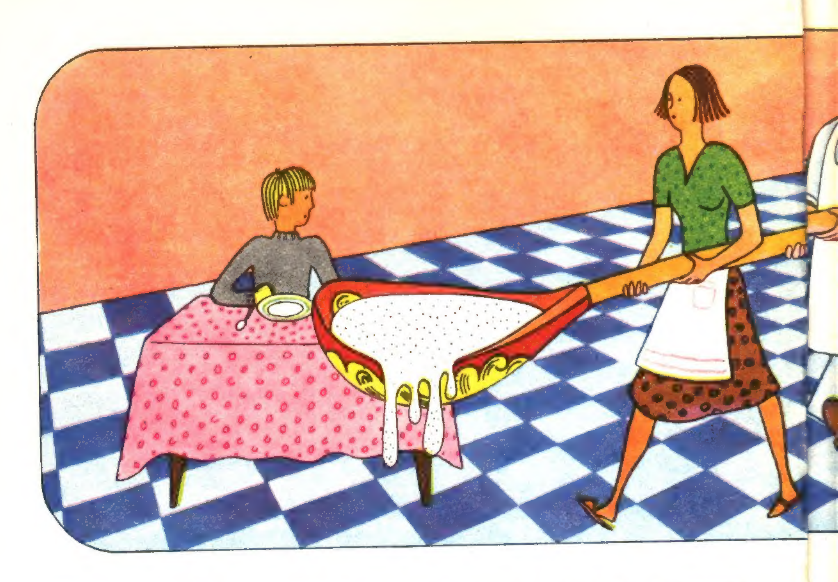
Трудоемкая проблема

Трехразовое ежедневное. Книга эта написана о самом насущном, будничном, ежедневном, обязательном, возможно, и не столь увлекательном, но остро необходимом — о пище, сегодняшней и будущей: о завтраках, обедах и ужинах.

Вот прибежали вы из школы, кинули портфель. Некогда! Срочно надо в кино, на каток, в секцию. Дел много, ждет модель, интересная книга, интересные встречи. «Мама, что у нас на обед? Борщ в кастрюле, на сковороде котлеты с картошкой? Пойдет, пойдет! Давай скорее, проголодался, как три волка...»

Подождите! Пауза! Четверть минуты молчания. Давайте вспомним обо всех-всех, кто приложил руки, чтобы горячий борщ был у вас в тарелке, чтобы котлеты шипели на сковородке.

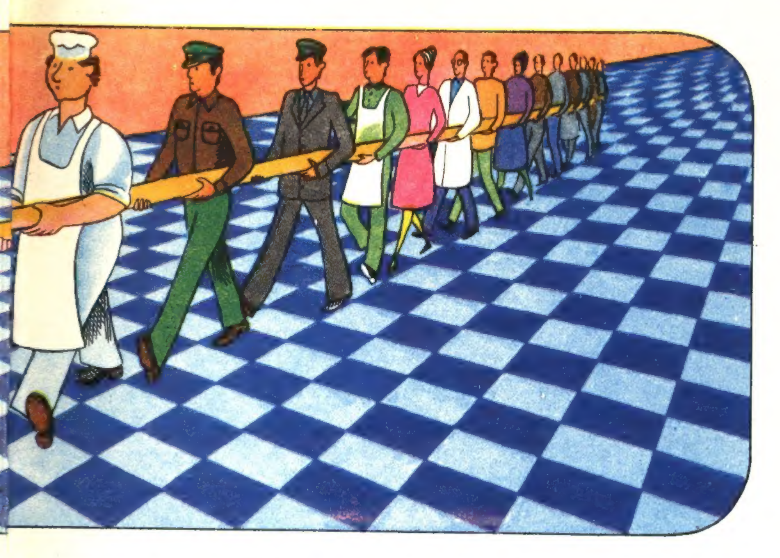
Руки прилагали трактористы, чтобы плугом вспахать пашню. Свекловоды сажали свеклу, поливали, пололи, убирали. Шоферы везли ее на станцию, а железнодорожники доставляли в города, кладовщики хранили на базах, и другие шоферы везли из овощехранилищ в магазины, продавцы отвешивали,



выдавали. Мама еще потрудилась: мыла, варила, чистила, резала. Столько же труда с хлебом, не меньше с картошкой. С котлетами еще больше возни. Бычков растили, выхаживали, кормили, чистили, пасли, потом везли... на бойню, не без того... И снова за дело бралась мама: крутила мясорубку, смешивала фарш с размоченным хлебом, лепила, обсыпала мукой, жарила... Много возни с обедом! Съесть быстрее, чем пересказать.

Четверть минуты предложили мы, чтобы вспомнить обо всех тружениках, накормивших вас, мысленно сказать им «спасибо!».

И особо, добавочно, поблагодарите вы тружеников нашей страны. Вас они кормят досыта; не всем детям на Земле достается такое счастье. По подсчетам авторитетных ученых, больше половины жителей нашей планеты систематически недоедает. Бразилец Ж. Кастро написал серию книг «География голода». Целая



серия понадобилась, чтобы описать все проблемы, связанные с недостатком пищи. Особенно вредна для здоровья нехватка белка. Ниже мы подробно расскажем о значении белка в питании. Считается, что мировой дефицит пищевого белка равен 15 млн. т. в год — это рацион примерно на 700 млн. едоков. А население планеты все растет. За последний год прибавилось 2%, еще 80 млн. едоков встали на довольствие. Накормить надо всех, так по справедливости? Стало быть, надо увеличить производство пищи срочно процентов на двадцать (для 700 млн. голодных) и затем прибавлять еще 2% ежегодно.

Где достать? Ответ обязана дать наука.

Вширь и вверх. Развитие науки можно сравнить со штурмом многоэтажного здания. За трудным прорывом на очередной этаж следует постепенное распространение по горизонтали: очистка коридоров,

комнат, проверка темных закоулков, последовательное завоевание всей площади этажа, укрепление, использование захваченной территории... Затем исподволь накапливаются силы и следует бросок выше, еще на один этаж. Так в науке, так в промышленности, так в сельском хозяйстве, так и в добыче пищи. Шире-шире-шире... а потом иначе. Шире-шире-шире... и опять по новому, совсем иначе.

Вот как это получилось в истории человечества. Биологию вы изучали, знаете, что люди произошли от обезьяны неизвестной породы — общего предка человека и человекообразных обезьян. Наши предки и предки предков жили на деревьях, прыгали по ветвям, собирали фрукты и орехи, питались птичьими яйцами, птенцами, не брезговали гусеницами.

Позже, перебравшись на землю, потомки тех предков тоже пробавлялись собирательством: искали ягоды, грибы, если удавалось, ловили мелких зверьков. Редко ловили: неуклюжи были, медлительны. И сами понимаете, много ли их могло кормиться грибами и ягодами. Первый прорыв в страну изобилия произошел, когда обезьяночеловеки смогли изобрести орудия — деревянные, а потом и каменные и когда, после этого, открыли огонь. С факелами начали охотиться, пугая самых крупных зверей, огнем загоняя в пропасти. Огонь перевел их от скудного растительного питания к обильному мясному. По словам Ф. Энгельса, это был «новый важный шаг на пути к превращению в человека... Мясная пища сократила процесс пищеварения... и этим сберегла больше времени, вещества и энергии для активного проявления... жизни... Но наиболее существенное влияние мясная пища оказала на мозг, получивший благодаря ей в гораздо большем количестве, чем раньше, те вещества, которые необходимы для его питания и развития...»

Развиваясь, люди придумывали все новые и

новые орудия, прежде всего для добычи пищи. Палки, камни, огонь, бумеранги, копья позволяли добывать ее все больше и больше. Потом человек изобрел лук и стрелы, потом еще нашел помощников для охоты — собаку и лошадь. Но пришло время, когда охотничьи возможности были исчерпаны. Добывать можно столько зверя, сколько есть в лесу и степи, не больше, чем вырастает ежегодно (и заметно меньше, чем рождается, поскольку звери попадают на зуб и хищникам). Точные цифры назвать здесь трудно, но, грубо говоря, на нашей планете может кормиться охотой примерно 15 млн. человек. (А нас сейчас 4 млрд.!) И пришло время (10 или 15 тыс. лет назад, в разных странах на разном рубеже), когда охотничий этаж был исчерпан, надо было прорываться на другой... Не в новых краях, а иначе добывать пищу.

Как иначе? Например, скотоводством.

Приручив овцу, корову, верблюда, осла, козу, древние пастухи провели общепланетную пересортировку животного мира, увеличили число съедобных, уменьшили число бесполезных животных, и прежде всего — хищников, соперников в добыче мяса. Сортировка и охрана стад дали огромный выигрыш. Теперь планета могла прокормить не 15, а 100 или даже 150 млн. едоков. Но не 4 миллиарда!

Следующий, а кое-где и одновременный прорыв был на обильный этаж земледелия. Поиски ягод, корней и зерен сменились посадкой, охраной и уборкой урожая. Еще одна великая пересортировка, на этот раз в растительном мире: замена болотных зарослей рисовыми полями, замена несъедобных трав и лесов пшеницей, рожью, ячменем, репой, потом картофелем. Но историю земледелия, орошаемого и неорошаемого, усовершенствование методов обработки, переход от сохи к плугу и трактору, от серпа к комбайну мы не будем пересказывать. Именно этот способ добычи пищи — главный на нашей планете, именно

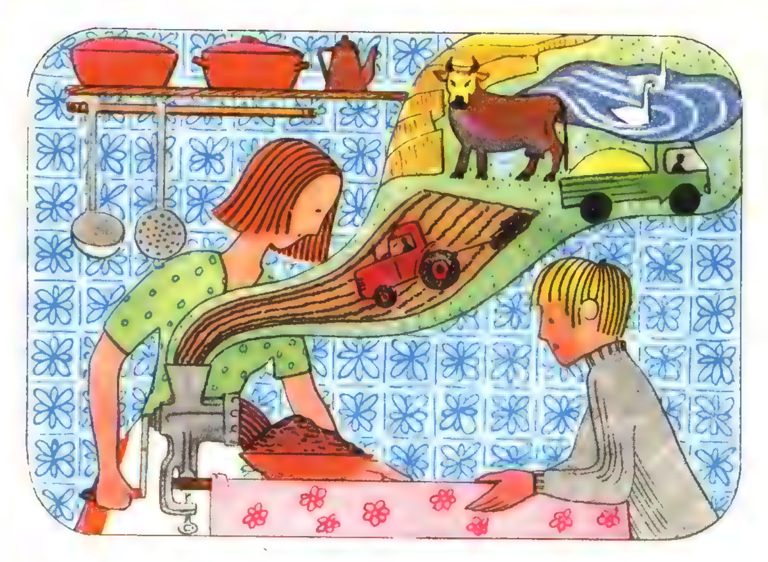
он кормит 4 млрд. едоков... не всех досыта, как говорилось выше.

Что же предстоит в будущем: расширение земледельческого этажа или прорыв на следующий? И на какой?

Есть ли возможность расширять посевы? Пока имеется, но не такая уж простая возможность. На Земле обрабатывается примерно 10% суши. Однако остальные 90% — не благодатная целина: приходи, поднимай, засеивай. Остальные 90% — земли, которые называются неудобными: либо пустыни, сухие и безводные, либо мокрые, раскисшие от влаги, либо слишком крутые склоны, каменистые, мерзлые почвы, иногда даже покрытые льдом. Прежде чем приходить туда с сеялками, эти земли нужно еще подготовить, культивировать: холодные обогреть, сухие оросить, осушить болота, выровнять крутые склоны. Все это можно делать и делается... но это же добавочный труд. Ко всем труженикам, перечисленным на первой странице, вложившим усилия в ваш ежедневный обед, надо прибавить еще отряды мелиораторов: опреснителей, оросителей, осушителей, строителей плотин, каналов, террас, теплиц со всей их могучей техникой. Труда все больше, цена хлеба больше, все больше народу занято, все меньше времени для других дел. Нельзя ли добывать пищу как-нибудь иначе, не прадедовским способом?

Как же иначе? Хотя бы с помощью химии.

Дело идет к тому. Всего лишь полтора века назад, не так давно с точки зрения истории, ученые резко разделяли в природе мир живого и неживого. (Соответственно и химия делится на органическую и неорганическую). Считалось, что мостика между ними нет никакого: органические вещества рождаются только животными, только растениями, в пробирках они не появятся. И потрясающим событием



был синтез мочевины, продукта распада белков, выполненный Ф. Вёлером в 1828 г., 150 лет назад.

А там пошло и пошло. Химия начала повторять природу, а потом и превосходить ее. В 1842 г. Н. Н. Зинин получил анилин из нитробензола. В 1856 г. англичанин У. Г. Перкин синтезировал мовеин — первый анилиновый краситель; первый азокраситель был создан два года спустя. До той поры краски для тканей добывали из экзотических растений и даже животных. Темно-синее индиго получали из индийской вайды, светло-красный ализарин — из марены, карминовую краску давала кошениль — сушеные мексиканские насекомые, живущие на кактусах. Во времена наших предков текстиль был довольно однообразен. Дешевые анилиновые краски внесли пестроту в одежду, возможность делать узоры без вышивания и вытеснили и вайду, и марену, и индиго. Современные ткани красит только химия.

За синтетическими красками пришли синтетические лекарства. В производстве тех и других используется одно и то же ароматическое сырье. Формулы жаропонижающего аспирина и анилина очень похожи внешне. Болеутоляющие, снотворные, дезинфецирующие лекарства — все дает химия. Правда, рядом с ними лежат в аптеках и лекарства естественного происхождения — экстракты из соков растений. Пенициллин и прочие антибиотики вырабатываются микроорганизмами, а вакцины получают с помощью животных. Первая вакцина — противооспенная была изготовлена из крови коров. Само слово «вакцина» означает «коровья». Медицина не проявляет упрямой принципиальности: лечит тем, что излечивает.

Видимо, и пищевики будущего не станут проявлять упрямства: питать будут всем, что питательно.

Следующей «жертвой» синтеза стал естественный каучук. Непромокаемый, гибкий и прочный загустевший сок тропических деревьев начал свою «карьеру» в середине прошлого века. Сначала из него изготавливались непромокаемые плащи — макинтоши, затем непромокаемая обувь — галоши, а затем «галоши» для автомобилей — шины. И тут уж тропические плантации перестали справляться со спросом. Потребовался искусственный каучук, и в особенности Советскому Союзу, поскольку в нашей обширной стране нет тропических областей. СК (синтетический каучук) был создан у нас в 1934 г. известным химиком С. В. Лебедевым. Все наши машины вплоть до самых тяжеленных МАЗов ходят на синтетических подошвах.

Примерно в те же годы началось производство синтетических тканей, начиная с искусственного шелка — полусинтетической вискозы. За ней последовали искусственные волокна, например нейлон, затем искусственная губка — поролон, синтетическая кожа для обуви, синтетические меха, синтетиче-

ская посуда и строительные материалы. Обойдите любой магазин «Синтетика», сами увидите, сколько в нем разнообразных товаров.

Объем химического синтеза в СССР в 1977 г.

Минеральные удобрения	96,7 млн. т	Синтетический каучук (1975 г.)	1,68 млн. т
Синтетические смолы и пластмассы	3,31 -»-	Химические волокна	1,1 -»-
Моющие средства	2,24 -»-	Химические средства защиты растений	0,290 -»-

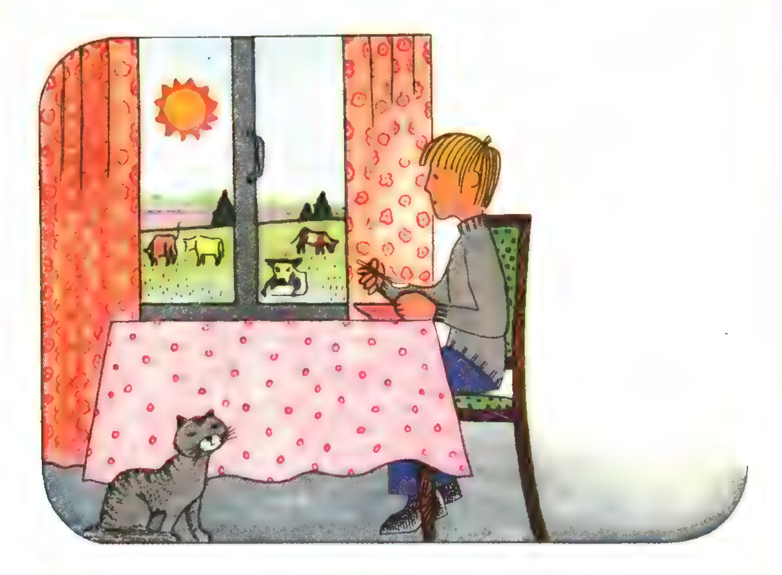
Итак, краски, лекарства, ядохимикаты, мыло, ткани, кожу, меха химия успешно заменила и заменяет. Химия лечит нас, моет, одевает и обувает. Химия помогает сельскому хозяйству удобрениями. Видимо, скоро начнет и кормить.

Дело идет к тому.

Ребята, телята и люцерна. И все-таки шевелится у вас в душе сомнение. Выше говорилось, что наука развивается в разных направлениях — вширь и ввысь. Вширь — это больше, ввысь — иначе. «Иначе» для производства пищи — это химия, а «шире» — продвижение земледелия в пустыни и тундры. Но может быть, все-таки предпочтительнее пустыни и тундры?

Вообще-то человечество пойдет обоими путями. Но заранее известно, что освоение пустынь — выше мы говорили уже — это добавочные труды, усложнение, удорожание производства хлеба. Химия же экономит, облегчает и упрощает труды. Да, и экономит, и упрощает! Это надо пояснить.

Существует такая наука — экология, в последнее время о ней часто говорят и пишут. Экология — это



наука о системах, сложившихся в природе. Одна из таких систем — пищевая: солнечная энергия — растения — животное — человек. Человек питается мясом животных, которые едят растения, растения растут, используя солнечную энергию. Кормовая цепь из четырех звеньев. Естественная кормовая цепь! Но как же мала эффективность этой цепи!

Представьте себе, что один мальчик прожил целый год своей жизни, от 12 до 13 лет, питаясь одной только телятиной. Телята же пасутся на поле, засеянном люцерной, поле, само собой разумеется, освещается солнцем.

Почему же 20 млн. растений на поле площадью в 4 га вырастили только 8 т бобов и прокормили меньше пяти телят с общим весом около 1 т? Почему 1 т живого веса обеспечила только одного мальчика весом в 48 кг, да и тот прибавил в весе за год всего лишь 2—3 кг?

Обширное поле — четыре гектара, освещенных солнцем, четыре с половиной теленка нужны, чтобы прокормить одного только мальчика с нормальным аппетитом. Почему так много? Потому, что в тарелке оказывается только миллионная доля от энергии солнечных лучей.

Да потому, что солнце греет поле вовсе не для того, чтобы растить люцерну, а люцерна растет не для того, чтобы ее жевали телята, а те бегают по полю не ради того, чтобы стать отбивными. Они растут, чтобы сохранить свой биологический вид, а для сохранения вида им нужно отстоять себя, свою собственную жизнь. Для этого требуются ноги с копытами, рога, шкура, зубы, способные пережевывать люцерну, но сами по себе несъедобные. Телятам нужна кроме всего энергия, чтобы бегать по полю, ходить от растения к растению, спасаться от хищников. Энергию для движения тоже дает съеденная люцерна, которая, в свою очередь, растет, чтобы сохранять свой люцерновый вид. А для этого нужны ей не только бобы, но и листья, улавливающие солнечную энергию и углекислый газ, нужны стебли, поддерживающие листья, да еще и корни, совсем невкусные, но без них не достанешь влагу и соли. Кроме того, растение тратит бездну энергии, чтобы испарять воду — примерно тысячу литров на килограмм сухого веса. Расточительство это необходимо, чтобы подать влагу вверх по стеблю в листья, нужно и для того, чтобы создать микроклимат вокруг каждого кустика. Растение как бы потеет, испарением предохраняя себя от зноя и сухости. На испарение и тратятся солнечные лучи. Всюду потери, потери, потери.

Из всей солнечной энергии, падающей на поле, люцерна использует для своего роста всего лишь 0,24%. Из энергии, накопленной люцерной, телята используют для своего роста 8%. Из энергии, нако-

пленной телятами, мальчик использует для своего роста 0,7%.

В итоге в теле мальчика осталось около миллионной доли от энергии солнечных лучей, падающих на поле. Миллионная доля мальчику, 999 999 долей — потери на движение, на испарение, на непереваренные стебли, корни, листья, на несъедобные копыта, рога, шкуру...

Мы еще не говорим о потерях в пути. Ведь наш условный мальчик живет на том же поле, где пасутся телята, условно получает свежее мясо круглый год порционно.

Страшные цифры, если вдуматься. Выходит, что в природной кормовой цепи человеку достаются какие-то крохи. Выходит, что труд земледельца и животновода — почти целиком напрасный труд, только доли процента — на стол, а остальное — назад в почву.

Вот химики и ставят себе задачу упростить экологическую цепь, убрав из нее лишние звенья, тем самым существенно повысить коэффициент полезного действия земледелия.

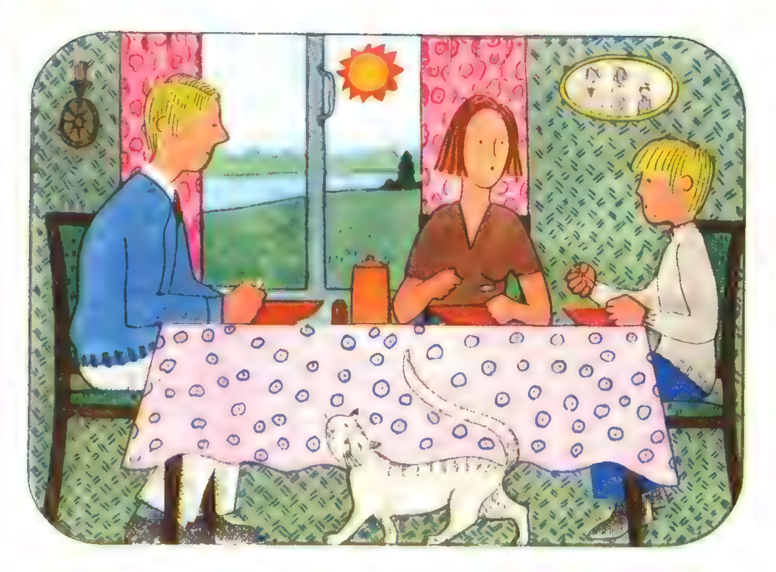
КПД — одна миллионная! В промышленности и говорить не захотят о такой машине.

Выше мы говорили, что производство, в том числе и производство пищи, можно развивать шире и иначе. «Иначе» означает не иначе питаться, а иначе добывать. Пища будущего не другая, она такая же, но иначе добытая: проще, легче, быстрее... Задача состоит в том, чтобы хлеб добывать не на поле, мясо — не на скотном дворе.

Как же это сделать? Давайте разбираться!

Калории и молекулы

Для чего мы едим? Странный вопрос! Казалось бы, такой ясный, что и задавать его бессмысленно! Для чего едим? Да чтобы с голоду не умереть.



Хочется, вот и едим. «Мама, что у нас на обед? А солененького нет ничего? А кисленького? Яблок хочется ужасно. Антоновка не осталась? Ни единого яблочка?» Едим потому, что хочется, и знаем, чего хочется.

Но это подход потребителя, а у химика — производственный. И у нас с вами, читатели, должен быть производственный подход в этой книге.

Два подхода эти есть во всяком деле. Пассажир решает, куда ехать, а транспортник — как довезти, больной жалуется — болит сердце, а доктор думает — как лечить, ему, естественно, нужно знать о сердце куда больше, чем пациенту. Вы хотите жить удобно, приходите в новый дом и оцениваете: тепло, светло, просторно, сухо. Строитель должен позаботиться, как сделать, чтобы в доме было тепло, светло и просторно. Подсчитывает, какой толщины стены, из какого материала, какая балка над окнами и какая

изоляция над фундаментом, какой ширины двери, из какого материала перегородки, где пролегают грунтовые воды и откуда дуют господствующие ветры. Тепло, светло, просторно — это многонедельные расчеты, многомесячные работы...

Сытно и вкусно — целая наука!

Да, необходимо разобраться, для чего мы едим вообще, что получаем от пищи, что именно незаменимо и чем же все-таки можно заменить незаменимое.

Пассажиру нужно только решить, куда он едет, транспортнику позаботиться, как довезти. Но еще больше забот, в сотни раз больше у того, кто собирается проложить новую и лучшую дорогу. Как довезти иначе и чтобы было удобнее?

Мы с вами беремся прокормить человечество «иначе», мы прокладываем новую дорогу. Нам нужно знать все о дорогах, мельчайшие детали, о которых не задумывается ни пассажир, ни машинист.

Съедобные дрова. Итак, для чего мы едим? Прежде всего для того, чтобы обеспечить себя энергией. Энергия нужна, чтобы двигаться: ходить, бегать, прыгать в длину и в высоту, чтобы работать руками и забивать мячи ногами. Энергия нужна мозгу, чтобы думать, сердцу, чтобы гнать кровь по телу, крови, чтобы поддерживать нормальную температуру 36,6 градуса. Как правило, воздух холоднее, стало быть, тело подогревается, для подогрева нужна энергия.

Пища — наше топливо. Окисляясь, т. е сгорая в кислороде, пища и обеспечивает нас энергией. Наш организм — низкотемпературная печь, а пища — дрова в этой печи.

Теплотворность топлива измеряют калориями. Килограмм нефти, например, дает около 10 тыс. больших калорий, уголь — обычно около 7 тыс., в

зависимости от сорта, дрова — 2—3 тыс. Калорийность пищи дана на таблице. Просмотрите ее внимательно.

Калорийность пищевых продуктов

Продукт	Энергия в килокалориях на 1 кг	Продукт	Энергия в килокалориях на 1 кг
Сало	9300	Баранина	2030
Масло подсолнечное	8990	Хлеб пшеничный	2030
Масло сливочное	7480	Хлеб ржаной	1900
Маргарин	7460	Говядина	1870
Сахар	4000	Яйца куриные	1570
Сыр голландский	3610	Сельдь атлантическая	1450
Манная крупа	3260	Картофель	830
Горох	3030	Окунь речной	820
Мармелад	2960	Молоко	580
Колбаса докторская	2600	Яблоки	460
Курятина	2410	Арбуз	380
Творог	2260	Капуста	280

В таблице этой много на первый взгляд неожиданностей. Оказывается, чемпионы калорийности — жиры: сало, масло подсолнечное и сливочное. Жиры куда калорийнее угля, приближаются к бензину и нефти. Возможно, вам довелось читать роман Майн-Рида, в котором азартные капитаны в гонке на Миссисипи кидают в топку окорока. Да, окороками можно топить, да, они дают больше жару, чем дрова, и, как видите из таблицы, дают больше энергии, чем сахар, гораздо больше, чем хлеб.

Крупа, хлеб, мясо оказались в середине таблицы, рыба внизу, ниже всего молоко и овощи. Правда, в этих продуктах много воды. Вода — не топливо. Не горит, даже гасит дрова.

Взрослому человеку при сидячей, физически нетрудной работе достаточно 3000 калорий в сутки.

3000 калорий — это 330 г, примерно стакана два подсолнечного масла. Так, может быть, и сосредоточить усилия науки на синтезе искусственного масла, давать по два стакана в день: утром стакан и вечером стакан — вот и решена проблема питания. Если же масло не по вкусу, можно заменить его пачкой сахара. Даже много целой пачки, нужно только 750 г.

В романах прошлого века иной раз столовые будущего изображались как некое подобие аптеки. Вместо блюд пилюли, своего рода лекарство от голода. Нередко и нас, химиков, спрашивают: не собираемся ли мы кормить человечество синтетическими таблетками? Проглотил, запил водой и зарядился энергией до завтрашнего дня. Нет, не так просто, к сожалению. И не так скучно, к счастью.

Дело в том, что пища доставляет нам не только энергию для работы, но еще и материал для роста и для беспрерывного ремонта органов, тканей и клеток. Ремонтировать же чаще всего приходится самые активные и в силу активности быстрее всего изнашивающиеся молекулы белков.

Съедобный кирпич. Белки выполняют в организме самые разнообразные задачи. Есть белки соединительные — они скрепляют между собой мускулы и кости в сухожилиях. Другие белки в мускулах, сжимаясь и растягиваясь, приводят в движение мускулы рук, ног, тела. Белки крови (гемоглобин) занимаются транспортировкой: приносят в клеточки кислород для «горения» и уносят продукт «горения» — углекислый газ. Белки защищают тело снаружи (кожа, волосы), белки служат рабочим инструментом и оружием (когти, клюв, рога) и, наконец, самое главное, регулируют все жизненные процессы в клетках и органах, в том числе и процессы переваривания пищи.

Эти белки — катализаторы и регуляторы — называются ферментами. Работая, белки снашиваются и ломаются. Надо их чинить или заменять ежедневно и ежесекундно. А для замены должен поступать материал, примерно 80—100 г в ежедневном рационе. Стало быть, рассчитывая пищу, нужно не только калорийность принимать во внимание, но и наличие белкового материала. Если не забыли, «География голода», упомянутая в первой главе, говорила именно о белковом голоде, о всемирной нехватке белков. Источники энергии — жиры и углеводы можно заменять друг другом, можно даже и белками заменять. Но белки не заменишь ничем, как раз они-то и дефицитны.

Содержание белка в продуктах

Продукт	Процент белка	Продукт	Процент белка
Соя	34,9	Рис	7,6
Горох сухой	23,8	Картофель	2,0
Икра зернистая	23	Капуста	1,8
Сыр чеддер	23	Морковь	1,2
Куры вареные	20,6	Молоко коровье	2,8
Говядина	17	Масло сливочное	0,6
Треска	16,5	Маргарин	0,3
Баранина	15,7	Мармелад	следы
Свинина	15,2	Масло подсолнечное	нет
Яйца	12,8	Сахар	нет
Пшеничная мука	10,5		

Сравните эту таблицу с таблицей калорийности. Как видите, расстановка сил изменилась. Впереди оказались бобовые растения, икра, сыр и мясо. Далее хлеб, крупа, далеко позади — овощи и молоко — опять-таки из-за обилия воды в них, а в самом конце победители чемпионата калорийности — масло и сахар.

Стало быть, нельзя кормить людей ни стаканами подсолнечного масла, ни пачками сахара. Разнообразная должна быть пища. Нужны в ней жиры и углеводы (крахмал, сахар) — пищевые дрова, нужны и белки — пищевой кирпич для ремонта.

А как же овощи? И белка в них немного, и углеводы не в изобилии. Может быть, вообще обойтись без овощей?

Ну нет, тут вас не обманешь. Отлично вы знаете, что с овощами и фруктами мы получаем витамины. Но о витаминах будет рассказано позже со всеми подробностями.

Наверное, у вашей мамы на кухне стоит «Книга о вкусной и здоровой пище». При чтении ее и то аппетит разыграется. Тысяча с лишним блюд и на такой манер, и на другой манер. Одних только бульонов двадцать один, девятнадцать супов-пюре. Неужели же для каждого из них составлять химическую формулу?

К счастью, и не нужно. Никакой нет необходимости. Все вкусные и здоровые блюда состоят из белков, жиров, углеводов, витаминов, солей и воды. Всего шесть составных частей на тысячу с лишним блюд, на все тысячи блюд десятков национальных кухонь.

Вода проста и имеется повсеместно. Не надо синтезировать и щепотки солей, в природе найдутся необходимые микроколичества. Витамины сравнительно просты по строению, синтез большинства уже налажен. Сами знаете: покупали в аптеках таблетки и драже. Остаются белки, жиры и углеводы. Их производство надо организовать в промышленном масштабе.

Следовательно, и надо разобраться, как устроены белки, жиры и углеводы.

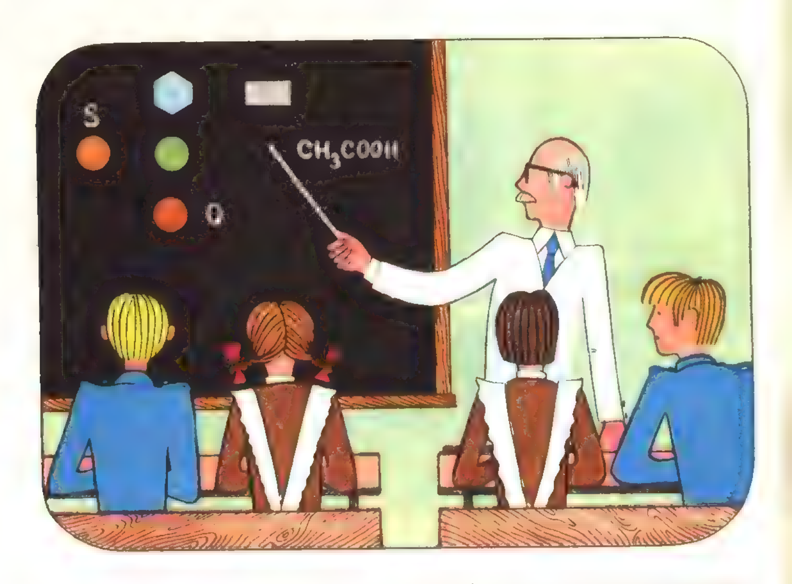
Биохимический букварь

Читая по складам... Хотя вы, читатели этой книги, народ достаточно взрослый, в большинстве и химию уже проходили, для начала мы приглашаем вас мысленно вернуться в далекое детство, когда вы, совсем еще юные, учились читать, играя кубиками с картинками. А—Арбуз, Б—Барабан. Приложили к барабану арбуз — БА — неосмысленный слог. Еще раз парочка Барабан—Арбуз. БА-БА! И неожиданно появилось значение.

И вот сейчас, изучая химическую грамоту, вы будете складывать буквы в слоги, а слоги в слова — химические. И читаться они будут на химическом языке по слогам, например: мета-метокси-пара-окси-бензальдегид, а потом переводиться — «ванилин».

Химические буквы — это атомы. Но не будем рисовать их на кубиках, возьмем вместо кубиков цветные шарики — бусинки и начнем разглядывать узоры, вышитые природой внутри нашего тела.

Итак, бусинки-атомы. Не так их много в пищевых молекулах. Четыре основных — атомы углерода, водорода, кислорода, азота будут встречаться постоянно. Еще несколько добавочных появляются более или менее часто. Неметаллы будем изображать шариками, металлы — квадратиками. И к каждому приделаем ручки для изображения валентности. Что такое валентность, вы помните, конечно. Это способность атомов соединяться друг с другом. На таблицах мы будем изображать ее в виде дружески протянутых рук. Водород, хлор, фтор, калий, натрий одноруки, только одной рукой могут цепляться за молекулярное содружество. Кислород или кальций двуруки, углерод — основа всего живого — четырехрукий. Бывают и другие варианты. У азота в органических соединениях три руки, у фосфора пять. Запомнив это



правило, мы можем из наших букв составлять слова (см. рис. на с. 23).

Слог в языке — часть слова, иногда имеющая грамматическое значение. Часть химического слова называется радикалом — остатком. Один из простейших — метил-CH_3. Здесь у четырехрукого углерода одна рука свободна, может подхватить любой одновалентный атом или радикал.

А такой слог-CH_2 называется «метилен». На него можно навесить два одновалентных атома.

Группа-COOH называется «карбоксил». У нее кислотные свойства, потому что далеко подвешенный атом водорода легко теряется, так же как у неорганических кислот — азотной, серной, соляной.

А это спиртовый радикал-OH, он же гидроксил — необходимая составная часть всех щелочей и оснований. Но у спиртов не щелочные и не кислотные свойства, а нейтральные, как у воды.

Химический словарь

Буквы

Атомы

C H O N S P Cl F

металлы

Na K Ca Fe

углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор, хлор, фтор, натрий, калий, кальций, железо

Слоги

Радикалы

CH_3 — метИЛ

CH_2 — метИЛЕН

OH — ОЛ, спиртовой остаток

COOH — карбокси, кислотный остаток

NH_2 — амино

Слова

Молекулы

(Радикал+Водород)

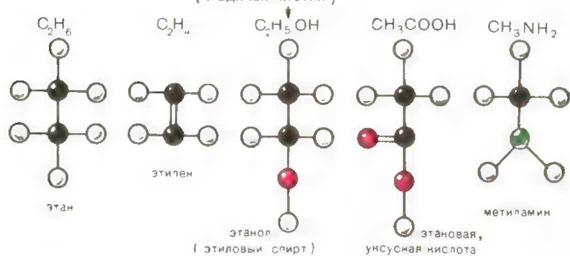
CH_4 — метАН, болотный газ

CH_3OH — метанол (метиловый спирт) древесный спирт

HCOOH — муравьиная кислота

NH_3 — аммиак

II (Радикал+Метил)



Вода — растворитель, и спирты — растворители в органической химии. Обозначают их слогом «ол».

Спирты нейтральны, а щелочные свойства присущи группе NH_2. Она называется «амин». Тоже однорукая группа, готовая прицепить к себе одновалентный радикал или атом водорода.

«Метил», «метилен», «карбоксил», «амин», «ол»... — вот основные слоги — атомные группы. Теперь начнем соединять их, выстраивая слова. Химические слова — это молекулы.

Как ни странно, в отличие от человеческих языков, где сочетание слогов может быть и бессмысленным, в химии любая комбинация слогов — радикалов существует в природе.

Метил плюс водород — метан, болотный газ.

$$H-CH_3=CH_4$$

Булькая, вырывается он пузырьками из ила, таинственными огоньками блуждает над трясинами, греет ваши завтраки и ужины на газовой плите.

Карбоксил плюс водород — метановая, муравьиная кислота.

$$H-COOH=HCOOH$$

Спиртовый радикал плюс метилен плюс водород — метанол, он же метиловый спирт, в просторечии древесный. Очень ядовит.

$$H-CH_2-OH=CH_3OH$$

Амин плюс водород — аммиак. Его водный раствор — это нашатырный спирт.

$$H-NH_2=NH_3$$

Теперь вместо водорода начнем присоединять метил, а потом и все прочие радикалы сцеплять друг с другом.

Метил плюс карбоксил — другая кислота, этановая, или уксусная.

$$CH_3 - COOH = CH_3COOH$$

Метил плюс метилен — новый радикал, этил.

$$CH_3 - CH_2 - = C_2H_5 -$$

Этил плюс спиртовый остаток — этиловый спирт, он же винный.

$$C_2H_5 - OH = C_2H_5OH$$

А метил плюс метил — газ этан, тоже горючий.

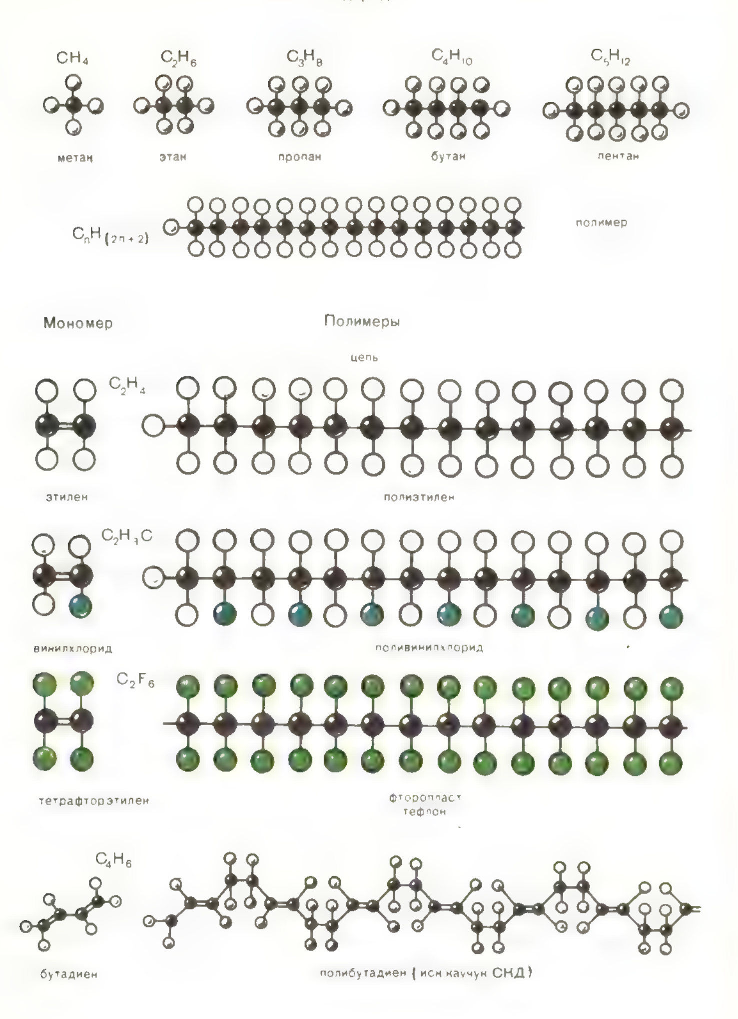
$$C_2H_5 - H = CH_3 - CH_3 = C_2H_6$$

Продолжая таблицу, вы можете подвешивать к этилу метил и добавлять к нему CH_2, CH_2, CH_2 до бесконечности, при этом получая все новые молекулы, целый ряд. Так он и называется в химии — ряд углеводородов. Все вместе они образуют нефть.

Двух-трех-четырех-пятичленные молекулы — это газы. Молекулы с числом звеньев от 5 до 16 — жидкости. Из них-то и состоит жидкое горючее — бензин и керосин. После 16—20 идут уже твердые вещества — сначала не очень твердые — пластичные — парафины, а далее — всем знакомые полимеры.

«Поли» означает «много». Называть молекулы, перечисляя все их звенья, было бы слишком долго. Допустим, в парафине 16 звеньев. Не станешь же шестнадцать раз повторять метилен-метилен-метилен-метилен-метилен... Для такого длинного слова существует упрощение — «гексадекан». Ну а если в молекуле тысяча звеньев? Или тысяча сто девяносто пять? Да и кто их считает, кто может сосчитать? Говорим упрощенно: «поли» — много!

Берем тысячу звеньев этилена ($H_2C = CH_2$), соеди-



Углеводороды
CH_4
C_2H_6
C_3H_8
C_4H_{10}
C_5H_{12}
метан
этан
пропан
бутан
пентан
$C_nH_{(2n+2)}$
полимер
Мономер
Полимеры
цепь
C_2H_4
этилен
полиэтилен
C_2H_3C
винилхлорид
поливинилхлорид
C_2F_6
тетрафторэтилен
фторопласт
тефлон
C_4H_6
бутадиен
полибутадиен (иск каучук СНД)

няем. Получаем полиэтилен, всем знакомый, гигиеничные пакеты для продуктов, пленки для парников. В совхозах иногда целые поля под полиэтиленом.

Если в молекуле этилена одно звено заменено хлором, это уже другое соединение — винилхлорид. И другой пластик получается — поливинилхлорид. Он жестче, не так легко загорается, как полиэтилен. Из него делают плитки для полов и водопроводные трубы. Шесть тонн стали заменяет тонна поливинилхлорида.

Если в том же звене этилена все водороды поменять на фтор, получится совсем иной полимер — фторопласт, он же тефлон. Белый, твердый, идеально скользкий (лыжи покрывают тефлоном) и безупречно кислотоупорный.

Ниже изображено более сложное звено—бутадиен. Многократно умноженное, оно дает полибутадиен. Это один из видов искусственного каучука. Даже по структурной формуле чувствуется, что эту пружинистую молекулу можно изгибать и растягивать.

Примеры можно умножать и умножать. Если заинтересуетесь, захотите стать специалистами, познакомитесь с самыми разнообразными нитями — гибкими и жесткими, цветными и прозрачными, огнестойкими, горючими и т. д. Мы же заговорили о них потому, что с полимерами вы не раз встретитесь в химической кухне. Но прежде чем перейти к ним, надо представить вам еще одну разновидность молекул, своеобразную, узорную. На что они похожи? Ни на что. Напоминают кристалл, но с ниточками от каждого угла. Напоминают шестиногого жучка, но у этого молекулярного жучка чаще всего ноги разные, бывают и длиннющие усы, бывают и ветвистые усы. А иной раз жучки срастаются, у одной молекулы два-три тельца, десяток, десятки отростков. Запомнить все невозможно, и не старайтесь. Просто поглядите

на таблицу. Какое разнообразие дает органическая химия!

Шестиноги ароматические. Неорганическая химия знает десятки тысяч соединений. Десятки тысяч! Едва ли есть на свете химики, знающие все наизусть. Чтобы выписать на доске десятки тысяч формул, учителю пришлось бы потратить несколько дней. В органической же химии миллионы (!) соединений, и каждый год ученые прибавляют десятки тысяч. Все это многообразие — заслуга «общительного» углерода, четырехвалентного, четырехрукого, способного протянуть руку любому атому, радикалу, цепочке радикалов, создать цепь невероятной длины, да еще попутно боковыми руками прихватывать атомы, радикалы и новые цепи.

И может статься, что в изогнутой цепи крайние атомы ухватятся друг за друга. Тогда получится хоровод, кольцо. Такие молекулы называют циклическими. Самая известная из них, самая характерная — шестигранная молекула бензола. С нее начинается целый ряд соединений, который назван ароматическим, поскольку в нем содержится несколько пахучих веществ. В бензоле шесть атомов углерода скреплены то одинарной, то двойной связью и окружены шестью атомами водорода — C_6H_6. Каким образом шесть четырехвалентных атомов углерода соединяются с шестью одновалентными атомами водорода? Химики долго ломали голову над этой загадкой. Немецкий химик Ф. А. Кекуле, нашедший решение, рассказывал, что разгадка пришла к нему во сне.

С приятно пахнущего бензола начинается ароматический ряд. Любой атом водорода на шестиграннике может быть заменен другим одновалентным атомом, или радикалом, или цепочкой. Простейшие

Ароматические вещества

C_6H_6

бензол

нафталин

ализарин

индиго

фенол

гидрохинон

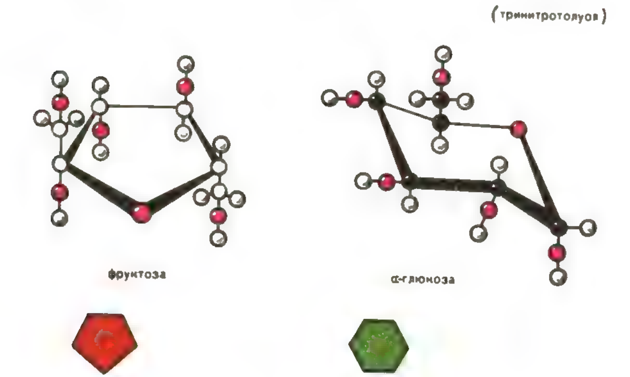
аспирин

ванилин

толуол

тол

(тринитротолуол)



перестановки, и получается целый ассортимент ароматических веществ.

Если один, всего лишь один из атомов водорода заменить гидроксильной группой, ароматный бензол превращается в фенол, или карболовую кислоту, ядовитую, дезинфицирующую жидкость, смертельную для бактерий. Еще один гидроксил, и перед вами гидрохинон — проявитель в фотографии. Шестигранное кольцо плюс кислотный, плюс эфирный радикал — это лекарство аспирин, жаропонижающее. Очень похож на него ванилин. Не две ножки, а три. Кольцо плюс амин — анилин, основа химических красок. Кольцо плюс метил — толуол, основа взрывчатых веществ.

Поразительное разнообразие. Бесконечный набор свойств. Удвоенное кольцо — пахучий нафталин, смерть для моли. Утроенное кольцо — краска ализарин, тот самый, который вытеснил природные красители. А кольцо учетверенное — индиго, вытесненный краситель. Чуть посложнее своего победителя. Индиго тоже можно синтезировать.

И в заключение еще два кольца, немножко усложненные. В углеродную цепочку здесь вставлены атомы кислорода. Тоже включились в хоровод. Одно из колец шестигранное — это глюкоза, виноградный сахар. Другое кольцо — пятигранное. Фруктоза. Когда же они соединяются, получается сахароза — она же свекловичный сахар, она же тростниковый сахар, тот самый, который мы едим с чаем, кофе, кладем в торты, пирожные, пироги.

Вот и добрались мы, пройдя через упрощенный химический букварь, до пищевой химии.

Сахарные бусы. Наш химический букварь мы начинали с азбуки. Буква — атом, радикал — слог, молекула — слово. Но потом пошли такие многосложные молекулы, что и называть каждый слог не

хотелось, заменили их обобщающим «поли». Каждый атом-букву мы изображали цветными шариками. Но в глюкозе 24 атома, в глазах пестрит. Упростим рисунок. Пусть будет у нас глюкоза зеленым шестиугольником, галактоза — серым, а фруктоза — оранжевым пятиугольником. Все эти соединения называются сахарами. Сахара относятся к числу углеводов, поскольку состоят они как бы из углерода и воды. Формула глюкозы — $C_6H_{12}O_6$. Посчитайте: шесть атомов углерода и шесть молекул воды. А теперь поглядите на рисунок. Не просто распределены по шестиугольнику атомы, не всегда стоит кислород рядом с водородом.

Итак, мы условились: сахарид — слово. Глюкоза — 24-х-буквенное слово, слишком длинное, поэтому изображаем его цветным шестиугольником. А теперь начнем составлять из слов предложения, сначала простейшие — из двух слов.

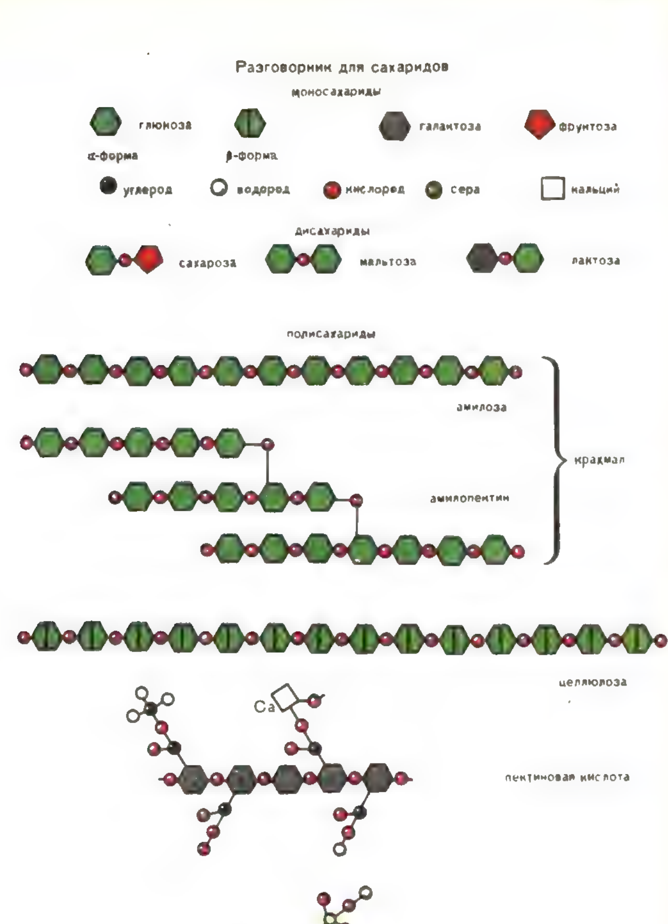
Глюкоза + фруктоза = сахароза, свекловичный сахар.

Глюкоза + глюкоза = мальтоза, солодовый сахар.

Галактоза + глюкоза = лактоза, молочный сахар.

Лактоза содержится в молоке животных и в материнском молоке. В пище новорожденных это единственный углевод. В их желудке лактоза расщепляется под действием фермента лактазы (лактАЗА расщепляет лактОЗУ). Но этого фермента часто не бывает в желудке и кишечнике взрослых; такие люди не способны переваривать молоко. Для них пришлось разработать специальное молоко, где лактоза заменяется сахарозой или глюкозой. С полным правом такое молоко можно назвать искусственным, еще не синтетическим, но и не природным.

При расщеплении дисахаридов — лактозы или сахарозы на одиночные моносахариды происходит некоторое превращение — инверсия, позднее мы расскажем о ней подробно. Такой расщепленный и пре-


Разговорник для сахаридов
моносахариды
глюкоза
α-форма
β-форма
галактоза
фруктоза
углерод
водород
кислород
сера
кальций
дисахариды
сахароза
мальтоза
лактоза
полисахариды
амилоза
крахмал
амилопектин
целлюлоза
Ca
пектиновая кислота
агар-агар

вращенный сахар называется инвертным. В желудках пчел тоже получается инвертный сахар, в результате и в меде сахар инвертный. Он несколько слаще обычного, поэтому и мед слаще.

Сладость принято измерять по некоей шкале. Если сахарозу принять за 100, сладость фруктозы будет 173, инвертного сахара — 130, сладость глюкозы — 73, а лактозы всего лишь 16. Цифры показывают, что инвертный сахар вроде бы выгоднее обычного. Но в кондитерском деле он не всегда удобен. Он жадно впитывает воду, и изделие мокнет. Мармелад, где много инвертного сахара, мокрый, неаппетитный на вид.

С коротенькими дисахаридами мы познакомились. Перейдем теперь от коротких химических предложений к длинным, состоящим из сотен и тысяч слов. (Выше мы условились, что один сахарид — одно слово.) Но не страшитесь. Переход от двух слов к тысяче будет нетруден. При всей своей многословности природа до удивления однообразна. Мы уже столкнулись с этим однообразием в полимерах: этилен-этилен-этилен... тысячи раз. А тут будет глюкоза-глюкоза-глюкоза-глюкоза!..

Посмотрите снова на рисунок. Вот цепочка примерно из 1100 глюкоз, скрепленных атомами кислорода. Она называется амилозой.

Цепочка чуть посложнее, с разветвлениями приблизительно через 25 сахаридов, называется амилопектином. Она бывает еще более громоздкой — до 2800 слов-глюкоз.

Смесь же этих длиннющих цепочек, прямых и разветвленных, носит название крахмала. Снова, прорвавшись сквозь хитросплетения химического языка, мы приходим к чему-то знакомому. Крахмал — основной поставщик углеводов в наш организм. Крахмалом снабжает нас хлеб, картофель, горох, соя, крупа.

Сахароза легкорастворима, сами знаете, как сахар тает в воде. В отличие от коротеньких дисахаридов длинные крахмальные бусы плохо растворяются. Даже при нагревании они только впитывают воду, образуя студень — кисель. Возможно, вам случалось заклеивать окна, намазывая бумагу крахмальным студнем. В промышленности же удается расщеплять длинные цепи крахмала, превращая их в более короткие — растворимый декстрин и даже в моносахарид — в глюкозу.

Крахмал не рекордсмен длины среди сахаридов. Превосходит его целлюлоза, она же клетчатка, входящая в состав волокон сена, соломы, древесины, а также хлопка, льна, конопли, — стало быть, в ситец, лен, в веревки. Клетчатка длиннее крахмала, но по строению столь же монотонна: бусы-бусы-бусы, все из глюкозы, но несколько иного строения — из бета-глюкозы. Иной раз в нитке до 3000 бусинок бета-глюкозы. В отличие от крахмала целлюлоза не набухает в воде и совершенно нерастворима. Наши пищеварительные ферменты ее не расщепляют, и, увы, древесину мы есть не можем. Даже в желудках травоядных клетчатка травы переваривается с помощью специальных микроорганизмов. Тем не менее и для нас клетчатка полезна, даже необходима в небольших количествах. Частицы ее, проходя через желудок и кишечник, раздражают их стенки и тем помогают пищеварению.

Но самое важное (возьмите на заметку, пожалуйста) в том, что клетчатка состоит из глюкозы, значит, в принципе можно получать сахар из соломы, стеблей, опилок и дров.

Уже сейчас во многих странах химики ищут пути гидролиза (расщепления) клетчатки. Трудностей здесь немало. О них мы расскажем позже, в главах, посвященных техническим трудностям.

Список полисахаридов нужно завершить еще и

кислыми, студнеобразующими. К числу их относятся пектин и агар-агар. Их добывают из наземных растений или из водорослей и широко применяют для изготовления конфет, мармелада, пастилы, мороженого, зефира. В состав этих полисахаридов входят уже знакомые вам шестигранники глюкозы или галактозы, но на некоторых из них — веточки со спиртовым или кислотным радикалом, иногда с атомами металлов — кальция, магния или же с серой.

Ну вот и весь принцип построения. Не так уж велик словарик углеводов. Глюкоза — фруктоза, глюкоза — галактоза, соединенные так или этак, длинные бусы, одинарные или ветвистые.

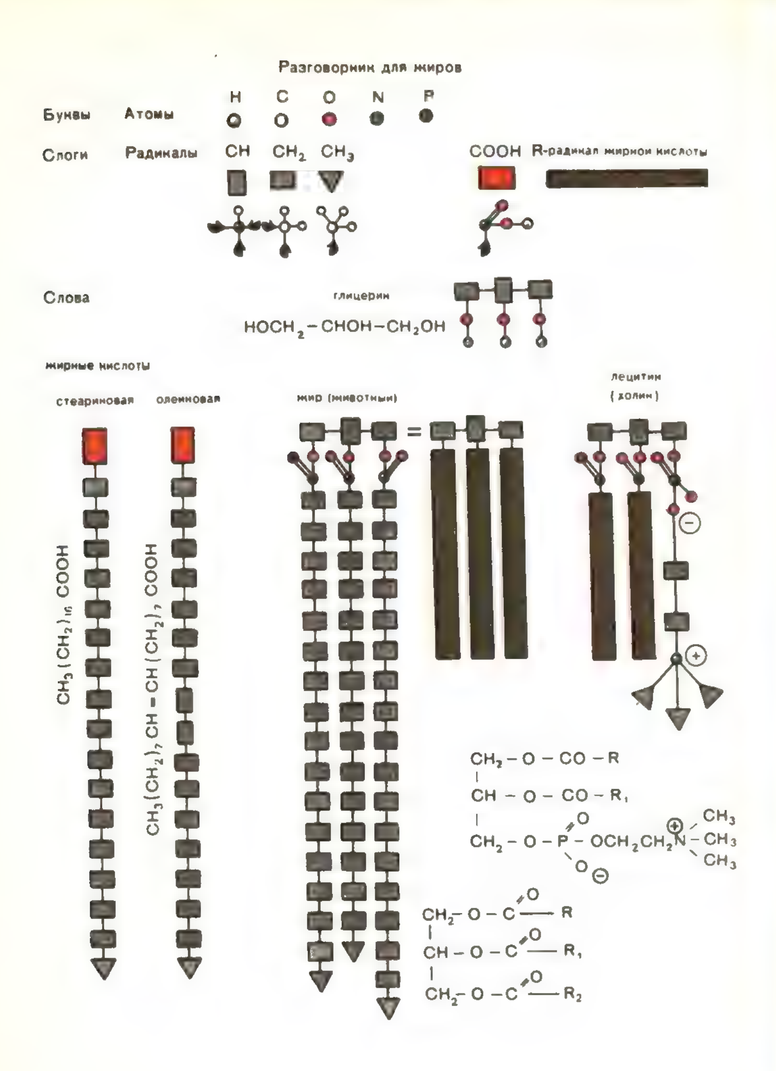
Серьги с подвесками. После того как вы разобрались с углеводами, молекулы жиров покажутся вам совсем несложными, понятными, даже красивыми... на структурных формулах. Представьте себе роскошные серьги с тремя довольно тяжелыми подвесками на коротеньком коромыслице. Роль его играет трехчленная молекула глицерина, а к нему прицеплены три жирные кислоты. В каждой из них есть кислотный остаток COOH, он-то, теряя атом водорода, и цепляется за глицерин. А на остатке повисает углеводородная цепочка. У жирных кислот четное число звеньев. Чаще бывает 14, 16 или 18.

Стеариновая кислота $CH_3(CH_2)_{16}COOH$

Пальмитиновая кислота $CH_3(CH_2)_{14}COOH$

Олеиновая кислота $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$

Между животными и растительными жирами есть разница. В животных жирах все углеводороды насыщенные, т. е. у них все связи заполнены, нет свободных рук. У растительных же есть ненасыщенные связи, какие-то углероды соединены дважды. Обратите внимание на формулу олеиновой кислоты. В середине ее — двойная связь. Если, присоединив водо-



Разговорник для жиров
Буквы
Атомы
H
C
O
N
P
Слоги
Радикалы
CH
CH_2
CH_3
COOH
R-радикал жирной кислоты
Слова
глицерин
$HOCH_2-CHOH-CH_2OH$
жирные кислоты
стеариновая
олеиновая
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
жир (животный)
лецитин
(холин)
$CH_2-O-CO-R$
$CH-O-CO-R_1$
$CH_2-O-P(=O)(O^{\ominus})-OCH_2CH_2N^{\oplus}(CH_3)_3$
$CH_2-O-C(=O)-R$
$CH-O-C(=O)-R_1$
$CH_2-O-C(=O)-R_2$

род, превратить двойную связь в простую, одинарную, из растительного жира можно получить подобие животного. Именно так готовятся разные сорта маргарина.

У жиров несколько замечательных особенностей с точки зрения химика (и едока). Первая из них: высокая температура кипения. Благодаря этому на жирах удобно жарить пищу. Они не испаряются с горячей сковороды.

Вторая особенность: с высокой температурой кипения сочетается довольно низкая температура плавления — ниже нуля у растительного масла, а у животных жиров близкая к температуре тела. А это имеет большое значение для кулинарии. Сравнительно тугоплавкий бараний жир хорош только для очень горячих блюд. Коровье масло тает во рту, создает приятное ощущение с любой едой. Из растительных масел одному лишь шоколадному присуще то же свойство. Обычно же растительные масла жидки при нуле градусов, поэтому они хороши с холодными закусками.

Температура плавления жиров

Животные жиры		Растительные жиры	
Бараний жир	44 - 50°	Хлопковое масло	−34°
Свиное сало	36 - 45°	Подсолнечное масло	−21°
Куриный жир	33 - 40°	Конопляное масло	−17°
Коровье масло	28 - 33°	Льняное масло	−17°
Гусиный жир	25 - 35°	Шоколадное масло	30—34°
Говяжий жир	25 - 30°		

Но самое важное свойство жиров — большая калорийность. В килограмме жира 9300 калорий — трехсуточный энергетический паек среднего человека. В углеводах только 4000, а в хлебе, крупе, мясе — 2000—3200, не более 3200.

Почему жиры так богаты калориями? Разобраться не сложно, внимательно глядя на формулы.

Энергию дают нам атомы углерода и водорода, соединяясь с кислородом, «сгорая» в кислороде. 7000 калорий приносит килограмм углерода, а килограмм водорода — около 30 000. Стало быть, чем больше углерода и в особенности чем больше водорода в молекуле, тем ценнее она как горючее. Нефть, состоящая из чистых углеводородов, дает 10—11 тыс. калорий на килограмм. Самое ценное горючее — метан: в нем четыре водорода на каждый атом углерода.

Присутствие же кислорода в молекуле означает, что горение частично уже состоялось, некоторые атомы углерода или водорода отдали свою энергию.

В молекулах жиров только два атома кислорода (мало красного на наших цветных таблицах) — оба в кислотном остатке СООН. Все остальное — углерод и водород.

В белки же помимо балластного кислорода входит еще и азот. Азот мог бы окисляться, но он «а-зот» — нежизненный, инертный. Чтобы зажечь его, нужна молния по крайней мере. Молний, как известно, в нашем желудке нет.

Жиры — наилучшее горючее... но не обязательное. Организм без труда заменяет их углеводами, а если углеводов нет, заменяет и белками. Остро необходимы только некоторые ненасыщенные кислоты, в основном линоленовая и арахидоновая. Их относят к витаминам.

Кроме того, жизненно важны для нас фосфолипиды — жиры, содержащие фосфорную кислоту. Они снабжают организм фосфором и помогают превращать жиры в эмульсии — мелкие капельки в растворе. К фосфолипидам относится и холин — очень важное вещество, нужное для передачи сигналов по нервам.

Похожие на змей. Знакомство с жирами и углеводами как-то обнадеживает конструкторов химической пищи. Молекулы жиров занятно выглядят, но не так уж они сложны: глицерин и три жирные кислоты. Углеводы громоздки, но построены из однотипных молекул, тоже не чересчур сложных. Нанизывай и нанизывай глюкозу, получишь крахмал. А можно и не нанизывать, питаться чистой глюкозой.

Но теперь нам надо разбираться в наисложнейшем — в белках, необходимом материале для жизни.

Уже говорилось, что у белков множество обязанностей. Есть среди них связующие — соединительные, есть транспортные — в крови, двигательные — в мускулах, жесткие — в ногтях... но важнее всех белки-ферменты, активные катализаторы всех и всяческих химических реакций: белки склеивающие и дробящие, окислители, восстановители, возбудители, ускорители, замедлители... в общей сложности добрая сотня тысяч разных белков.

По форме различают белки фибриллярные и глобулярные. Фибрилла — это волокно; фибриллярные белки похожи на нитки, глобулярные похожи на шарики или эллипсоиды. По существу это те же нитки, но свернутые в клубок и склеенные кое-где. Химикам приходится этот клубок распутывать.

К фибриллярным белкам относятся:

1. Коллагены — белки соединительной ткани. Примерно половина белков животных — коллагены. В кипящей воде они превращаются в растворимые желатины, которые перевариваются лучше. Научившись варить мясо на огне, первобытный человек очень облегчил работу своему собственному желудку.

2. Эластины образуют сухожилия и стенки артерий. Они подобны коллагенам, но в желатины не превращаются.

3. Кератины. Из них состоят шерсть, волосы, когти, ногти и копыта.

4. Миозины — белки мышечной ткани. Обеспечивают сокращение мускулов.

5. Фиброины — образуются при ранении из белка фибриногена (волокна рождающего), который постоянно находится в крови. Быстро свертывающиеся фиброины затягивают царапину или рану твердым струпом.

Глобулярные белки, в отличие от фибриллярных, растворимы в воде и в водных растворах кислот, щелочей или солей. К их числу принадлежат:

1. Альбумины, дающие коллоидные растворы в чистой воде. Они содержатся в яйце, сыворотке крови, в молоке (лактальбумины), в семенах бобовых растений.

2. Глобулины нерастворимы в чистой воде, растворяются в соленой.

3. Проламины растворимы в 60—80 %-ном этиловом (винном) спирте. Встречаются в семенах злаков.

4. Глютелины — растительные белки. Поддаются только щелочным растворам.

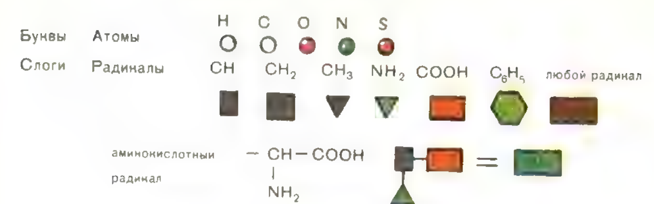
Белки недаром классифицируют по растворимости. Их разделяют и сортируют, растворяя в воде, кислотной или щелочной среде.

Молекулы белков громадны... по молекулярным масштабам, конечно. Они состоят из многих тысяч атомов. Молекулярный вес их — десятки, сотни тысяч, иногда — миллионы.

Молекулярный вес белков

Казеин	24 000	Зеин кукурузы	51 000
Глиадин пшеницы	27 500	Гемоглобулин	70 000
Лактоглобулин	38 000	Эдестин из конопли	310 000
Яичный альбумин	44 000	Гемоцианин улитки	6 500 000

Разговорник для аминокислот



общая формула аминокислот



$H-Ⓐ$ глицин

$CH_3-Ⓐ$ аланин

CH_2-CH_2 / $CH_2-Ⓐ$ пролин

$C_6H_5-CH_2-Ⓐ$ фенилаланин

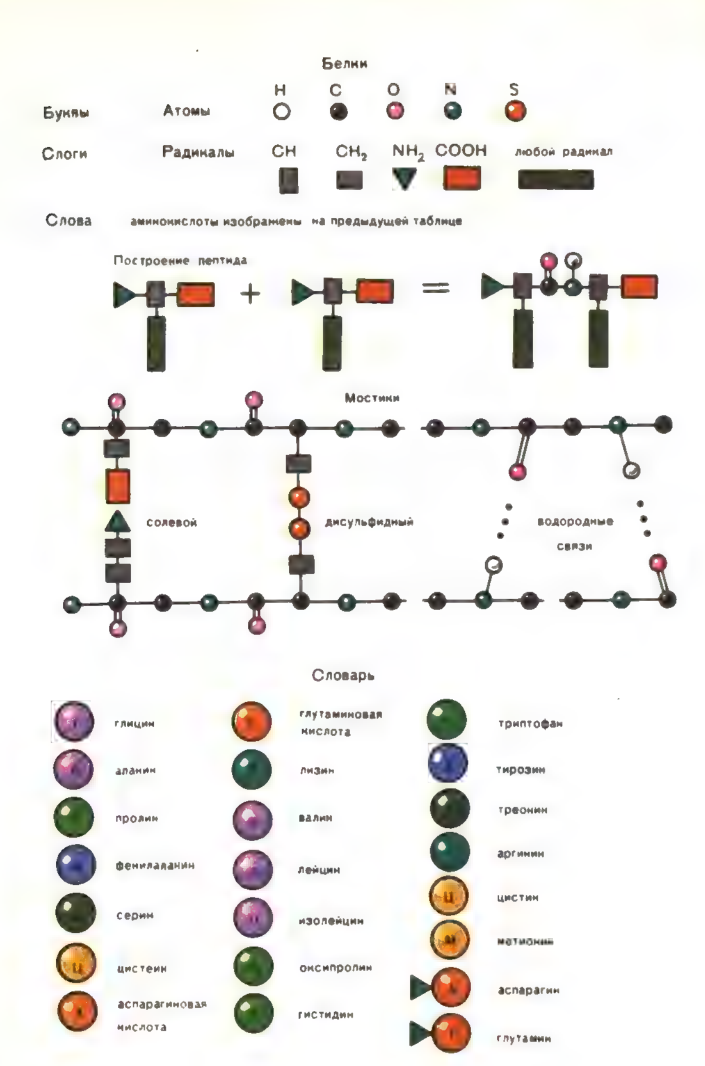
$HO-CH_2-Ⓐ$ серин

$HS-CH_2-Ⓐ$ цистеин

$HOOC-CH_2-Ⓐ$ аспарагиновая кислота

$HOOC-CH_2-CH_2-Ⓐ$ глутаминовая кислота

$H_2N-(CH_2)_4-Ⓐ$ лизин


Белки
H
C
O
N
S
Буквы
Атомы
Слоги
Радикалы
CH
CH_2
NH_2
COOH
любой радикал
Слова
аминокислоты изображены на предыдущей таблице
Построение пептида
Мостики
солевой
дисульфидный
водородные связи
Словарь
глицин
аланин
пролин
фенилаланин
серин
цистеин
аспарагиновая кислота
глутаминовая кислота
лизин
валин
лейцин
изолейцин
оксипролин
гистидин
триптофан
тирозин
треонин
аргинин
цистин
метионин
аспарагин
глутамин

В фибриллярных белках десятки тысяч атомов вытянуты в единую нить; в глобулярных нити эти, кроме того, еще и перепутаны, склеены между собой гидроксильными, соляными или серными мостиками. Змея, да еще со слипшимися кольцами! Клубок ниток, запутанный котенком!

За какой же кончик ухватиться, чтобы распутать белковый клубок? Да за ниточку и потянем. Полимеры похожи на бусы, нанизанные на нитку; углеводы похожи на бусы, нанизанные... Белки тоже похожи на бусы, только бусина в углеводах называется сахаридом, а в белках аминокислотой (см. с. 45).

Простейшая аминокислота получалась у нас на таблице, в букварике радикалов, в той клетке, где встречался амин NH_2 с кислотным остатком COOH.

Общая формула аминокислот:

$$\begin{array}{c} H_2N - \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}} - COOH \end{array}$$

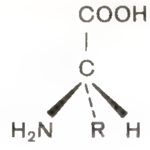
где R — какой-нибудь радикал.

Кислотность радикала COOH нейтрализуется щелочностью амина. Это как бы органическая соль, аналогичная неорганическим солям, и, подобно солям, она растворяется хуже или лучше в воде. Прочие химические свойства аминокислоты зависят от радикала, а свойства белка от того, какие именно аминокислоты и в каком порядке нанизаны на нитку.

Всего в построении белков участвует около 20 аминокислот. Они перечислены на таблице белков. Заучивать наизусть не надо, но возвращаться к таблице придется не раз, справляясь, о какой аминокислоте идет речь. И если приглядитесь, вы заметите, что все разнообразие их сводится к той или иной расстановке всех тех же групп. Тут прицеплен водород, а там метил, или два метила, или простейший спирт, или ароматический шестиугольник — бензол

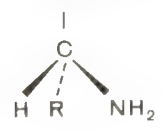
или фенол. Иногда в белки включаются и другие группы. Так, в казеин молока входит остаток фосфорной кислоты.

Общая формула аминокислотной молекулы выглядит так:



L – аланин

Можно рисовать и иначе, как бы зеркальное отражение:

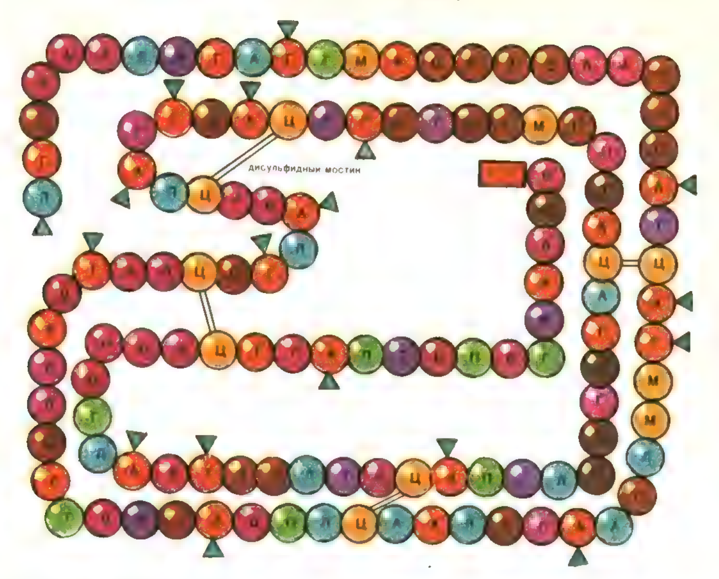


D – аланин

Такая зеркальная молекула иначе воздействует на световые лучи, и оказывается, при всем сходстве, это другое вещество. Первое называется левовращающим — L, второе — правовращающим — D. И вот что замечательно: все животные и все растения на Земле строят свои тела из белков L.

Почему земная жизнь так настойчиво предпочитает L-аминокислоты? Вопрос этот открыт. Возможно, это историческая случайность; жизнь некогда возникла из левовращающего белка, и миллиарды лет потомки первых существ придерживаются традиционной формы. Но возможно, даже вероятнее, что левое вращение по какой-то причине выгоднее на земном шаре. По какой причине? Наука не на все вопросы может ответить.

Белок (рибонуклеаза)



Так или иначе, мы вынуждены считаться с капризами организма, кормить его только белками, сложенными из L-аминокислот.

Книга из одного слова. Построение белковой молекулы начинается при взаимодействии двух аминокислот. При этом образуется связь CO—NH — пептидная связь.

$$H_2N-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH+H_2N-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH\rightarrow$$

$$\rightarrow H_2N-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{N}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH$$

Соединение пары сахаридов называется дисахаридом, соединение двух аминокислот — дипептидом. Химический язык очень логичен. Соединение многих аминокислот — полипептид.

Белки — очень длинные полипептиды. Иногда они состоят из сотен и тысяч остатков аминокислот, нанизанных все на ту же нитку.

Атом мы считали химической буквой, молекулу — словом. Аминокислота — тоже слово, иногда довольно длинное — с двумя-тремя десятками букв. Белок же — слово, в котором десятки и сотни тысяч букв. Во всей этой книге о пище будущего примерно 200 тыс. букв. Белок — слово-книга. Книга из одного слова!

Длиннющие нити белка не бывают прямыми. Они изгибаются, скручиваются, сплетаются и склеиваются между собой мостиками. Мостики образуются, когда рядышком оказываются аминокислоты с противоположными зарядами, например лизин с NH_3^+ и аспарагиновая кислота с COO^-. Солевой мостик.

Нити могут связываться и дисульфидными связями, если рядом расположатся два остатка цистеина, содержащего серу. Серный мостик.

Особенно много дисульфидных связей в белках шерсти и волос. Этим и объясняется их особенная прочность. Менее прочны многочисленные водородные связи. Водородный мостик.

Солевые или дисульфидные связи придают белковой молекуле строго определенную «упорядоченную» структуру, превращают ее в спираль, завиток, складывают гармошкой. Упорядоченность эта резко меняет свойства белка.

В среде с определенной кислотностью молекулы белка слипаются друг с другом, растворимость их уменьшается и белок выпадает в осадок. Изменения происходят и при внешних воздействиях. Нагревание

или встряхивание разрушает мостики, белок теряет свою форму. Так, например, когда мы варим яйцо вкрутую, спиральные или шарообразные молекулы яичного альбумина раскручиваются, объем их увеличивается, растворимость падает и образуется плотный студень. Это явление называется денатурированием. Яйцо денатурируется и при сбивании гоголя-моголя, мусса, безе. При этом возникают прочные поверхностные пленки и пена. В образовании пленок принимают участие также углеводы и жиры (лецитин).

Подведем итоги. Мы узнали, что белки — это молекулярные нити, состоящие из тысяч аминокислот, склеенных солевыми, серными и водородными мостиками. На этом трудности не кончаются. Аминокислоты бывают двадцати сортов и должны следовать в строго определенном порядке... как буквы в слове, иначе смысл получится другой (стена — сенат). Нельзя перепутать сотни тысяч букв, тысячи слов, слившихся в одно.

Почему природе понадобился строгий порядок, да еще такой хитроумный? Без него, увы, нельзя выстроить такое сложное сооружение, как живой организм.

Белки — работники нашего тела: молекулы—плотники, маляры, молекулы—трубопрокладчики и трубочисты, сторожа, носильщики, уборщики. У каждого труженика есть инструмент — рабочая часть, раскалывающая, поддевающая — она называется «активный центр». Но кроме того, есть еще и другая часть — опознавательная. Ведь молекуле не скажешь словами: «Гидролизуй белки только из L-аминокислот». Приказ записывается химическим строением. И на указание это тратится бóльшая часть молекулы.

Голова у вас кружится от всех этих сложностей. Можно представить себе, что химики сумеют прикре-

плять к глицерину жировые подвески; можно представить, что химики сумеют нанизывать глюкозу и фруктозу на бесконечные нитки. Но как нанизывать в строго определенном порядке звенья двадцати сортов, не перепутав ни разу.

К счастью, и не надо их нанизывать. Сама природа идет к нам навстречу. Но об этом в следующей главе.

Справедливости ради надо добавить, что белки еще не самые громоздкие молекулы в нашем теле. Гораздо больше нуклеиновые кислоты, в них бывают десятки и сотни миллионов, до миллиарда атомов. Это уже не молекула-книга, а молекула-библиотека. Во всей Большой советской энциклопедии нет миллиарда букв.

На этих энциклопедических молекулах записана наследственность: формулы белков, нужных организму, порядок построения клеток и всех органов. Нуклеиновые кислоты, как и белки, и полисахариды, относятся к биополимерам, только белки — это полипептиды, а нуклеиновые кислоты — полинуклеотиды. Нуклеотиды тоже нанизаны на нитку, но у белка нитка углеродно-азотная, а у нуклеиновых кислот фосфорно-кислородная.

Пожалуй, при всей своей громоздкости нуклеиновые кислоты несколько проще белков. Нуклеотиды бывают только четырех (или пяти) сортов; каждая четверка соответствует одной аминокислоте, это как бы иероглиф для построения белка. И нуклеотиды не спутываются клубком. Они вытянуты в одну ниточку или свиты в двойную спиральную нитку.

Но все это сказано для полноты, в сторону. Химики пищи не ставят вопрос о синтезе нуклеиновых кислот, проблема эта занимает больше генетиков, лечащих наследственные болезни, улучшающих наследство пород. Фосфора организму требуется не так много, его достаточно в любой животной и раститель-

ной пище, иногда — в дрожжах — бывает даже слишком много. Мы вынуждены думать, как от него избавиться.

Однако вернемся к вопросу о дефицитном и чересчур сложном белке.

Выше сказано: природа идет к нам навстречу. Как именно?

Пищеварительный конвейер

Вернемся к обеденному столу.

— Мама, дай скорее обед, некогда. Суп? Не надо, обойдусь. Котлета с картошкой? Все. Хватит. Проглотил. Бегу.

Стойте, повремените минутку. Отложите каток, шахматы, танцы, кино. Во рту пища. Не глотайте, как удав. Начинается важный процесс обработки пищи организмом.

Начинается он во рту, где зубы перемалывают еду, облегчая работу желудку. Зубы перемалывают механически, а слюна смачивает. Чем вкуснее пища, чем аппетитнее пахнет, чем с бóльшим интересом думали вы о еде, заранее смакуя обед, тем больше выделяется слюны. Всего в день слюнные железы выделяют литр-полтора.

Кроме воды, солей и холестерина в слюне содержится еще два важных вещества: клейкий муцин, облегчающий пережевывание, и птиалин — фермент, помогающий гидролизу крахмала — расщеплению его цепочек. Крахмал расщепляется на декстрин — менее длинные цепочки и даже гидролизуется до дисахарида — мальтозы. Стало быть, уже во рту крахмальные вериги, извлеченные из хлеба или картошки, разбираются на куски помельче. Так не препятствуйте же этой разборке, не торопитесь, не глотайте, давясь.

«Азы» расщепляют «озы». Разборка цепочек продолжается и в желудке. Прежде всего пищу обрабатывает желудочный сок. До двух-трех литров желудочного сока в день выделяет взрослый человек. Сок этот содержит муцин, неорганические вещества, а также соляную кислоту. В результате среда в желудке кислая.

Как только пища попадает в желудок, в кровь выделяется особый гормон — гастрин, возбуждающий клетки, поставляющие пищеварительные ферменты — амилазы, липазы, реннин, пепсин...

Амилазы довершают расщепление сахаридов до мальтозы и раскалывают дисахариды — мальтозу, сахарозу и лактозу, превращая их в моносахариды, преимущественно в глюкозу. Вы уже разобрались в химической терминологии? «Азы» — фамильное окончание ферментов-расщепителей, «озы» — сахаридов. «Азы» расщепляют «озы», от которых остаются «азы» — простейшие, первоначальные, одиночные моносахариды.

Углеводы, они же полисахариды, расщепляются раньше других пищевых веществ. Именно поэтому сахар так быстро подкрепляет силы. Уже слюна способна его расщепить, подготовить для всасывания.

Более трудоемкая обработка белков начинается в желудке.

У маленьких детей важную роль играет реннин. Его задача обработать белок молока — казеин, створожить его, чтобы он легче поддавался действию пепсина.

Но у взрослых реннина уже нет.

Пепсин же расщепляет всякие белки. Около 2 г этого фермента ежесуточно поступает в желудок взрослого человека. Этого количества достаточно, чтобы переварить за два часа целый центнер яичного белка. Правда, яичный белок относится к числу

самых податливых, рассчитан для прокормления зародышей.

Сравнительно легко гидролизуются пепсином белки мышц — миозин, актин, значительно медленнее — белки сухожилий — коллаген, эластин. Совершенно не перевариваются в желудке белки волос и шерсти — кератины.

Вообще, обработка белков в желудке только начинается. Под действием пепсина молекулы белка расщепляются на более короткие. Но рвутся не все пептидные связи, примерно пять процентов, так что длина белковой молекулы уменьшается раз в двадцать. Так, казеин, легко гидролизуемый белок молока, превращается в пептиды, состоящие в среднем из 10 аминокислот. Естественно, иногда получаются и более короткие цепи, даже отдельные аминокислоты.

Липаза же, как говорит ее название, приступает к гидролизу липидов, т. е. жиров. Но только лишь приступает. В желудке кислая среда, а липаза активнее в щелочной.

Химия химуса. Итак, после 2—6 часов переваривания в желудке полужидкое содержимое (химус) поступает в кишечник, сначала в двенадцатиперстную кишку. (Называется она так только потому, что длина ее — 12 пальцев, перстов.)

Здесь на химус начинают действовать многочисленные ферменты, выделяемые поджелудочной железой: амилазы, липазы, протеазы, пептидазы, нуклеазы. По названиям догадываетесь, что нуклеазы расщепляют нуклеотиды, а пептидазы — пептиды и т. д.

Поджелудочная железа тоже выделяет немало сока (до 800 $см^3$) — он называется панкреатическим — примерно четыре стакана в сутки. Сюда же, в двенадцатиперстную кишку, вливается и желчь из желчного пузыря.

Желчные соли действуют на жиры подобно мылу. Дело в том, что жиры сами по себе нерастворимы ни в воде, ни в кислой среде. Чтобы едким липазам подойти к жирам, надо разбить их на мельчайшие капельки — превратить в эмульсию — эмульгировать. Желчь и разбивает жиры на капельки. Теперь липазам легче добраться к каждой молекуле, чтобы отщепить жирные кислоты от глицерина — снять каждую подвеску серьги.

Протеазы и пептидазы, в свою очередь, продолжают рвать пептидные цепи. Образуются совсем короткие пептиды и отдельные аминокислоты. И тогда начинается последний важный этап пищеварения — всасывание. Через стенки кишечника аминокислоты поступают в кровь, освобождая ферменты для работы с еще не расколотыми пептидами. Короткие пептиды гидролизуются уже на поверхности клеток. Этот заключительный вид пищеварения — мембранное — открыт советским профессором А. М. Уголевым и интересен тем, что гидролиз тут непосредственно связан с транспортными молекулами. Отщепленные вещества тут же поступают к потребителю — в клетку.

Вероятно, вы и сами заметили наиважнейшее для нас во всех приключениях пищи. Четырехступенчатая обработка ее — во рту, в желудке, в кишечнике и на поверхности клеток — вся направлена на то, чтобы расколоть большие молекулы на части, разорвать цепочки, нитки и узоры белков, углеводов и жиров, разобрать блоки на кирпичики и доставить эти кирпичики в клетку, чтобы организм выкладывал и нанизывал их по своему плану. Хитросплетения со сложными формулами просто не нужны организму.

Можно было догадаться об этом и заранее. Ведь растения и животные сооружали белки и углеводы для своих нужд, вовсе не для того, чтобы кормить

нас; для своих нужд набирали на белковых нитках задание: пойди в такое-то место, склей и раскрась то-то и то-то. У наших белков другие задания, значит, надо тот набор рассыпать, набирать заново нечто иное.

В типографиях так поступают: отпечатают книгу, рассыпают набор, из тех же букв составляют другой текст для другой книги.

Обязательная разборка эта неимоверно облегчает возможность создания искусственной пищи. Организму вовсе не нужны громоздкие, сложно построенные цепочки. Нужны только составные части, материал: глюкоза, фруктоза, жирные кислоты вместо жиров, аминокислоты вместо белков. Только бусинки. Организм сам нанижет их как надо.

Сколько же? Сахариды, жиры, аминокислоты... Но сколько именно? Вдоволь?

Нет, наедаться вредно. Эта манера перешла к нам от первобытных времен, когда пища доставалась нерегулярно. Не каждый день удавалось поесть, вот желудок и набивали про запас.

Есть досыта? И сытость, как ни странно, не наилучший показатель. Мы сыты, когда желудок набит. Но если набить не слишком питательной пищей, значит, придется заниматься пищеварением впустую, перегружая кишечник, тратя ферменты и соки... и получая меньше, чем нужно. Сколько же необходимо, сколько полезно? Сколько нужно дров?

Повторим сказанное раньше: пища нужна нам, чтобы обеспечить тело энергией и материалом.

Потребности в энергии поддаются учету и измерению. Энергия исчисляется калориями. Долгое время калорийность была единственным показателем ценности пищи. И сейчас вы частенько услышите в разговоре: «Прекрасная, калорийная пища! Ах, скверная, малокалорийная!»

Количество энергии, потребной организму, включая и внутренние затраты, можно определить в специальных камерах, где измеряют количество тепла, выделяющегося при лежании, во время сна, при умственной работе или при физической, легкой и тяжелой.

Затрата энергии

(в килокалориях на килограмм веса тела в час)

Сон	0,93	Бег (12 км/ч)	10,8
Чтение вслух	1,5	Ходьба на лыжах (12 км/ч)	12,0
Ходьба по ровной дороге (4,2 км/ч)	3,2	Езда на велосипеде	3,5 – 9,0
Быстрая ходьба по ровной дороге (8 км/ч)	10,0	Езда на автомашине	1,6
Подъем в гору при уклоне в 15° (2 км/ч)	17,1	Учеба, школьные занятия	1,6
		Работа тракториста	3,6

Энергия достается организму благодаря окислению пищи. Процесс этот исключительно сложный, формулы мы не будем выписывать, для нас сейчас важна только количественная сторона.

На окисление 1 кг углеводов тратится 829 л кислорода, при этом выделяется 4100 ккал. Окисление 1 кг жиров требует 2019 л кислорода, дает 9300 ккал. Окисление 1 кг белка — 966 л кислорода. Выход энергии — 4200 ккал.

Само собой разумеется, идеальных процессов в природе не бывает. Пища усваивается не полностью, практически ее калорийность несколько ниже: у углеводов и белков — 4000, у жиров — 9000 ккал на кг. Так принимается в расчетах.

Выше говорилось уже, что углеводы и жиры сгорают почти целиком. Их биохимическая задача — дать организму калории. В соответствии с приведенной таблицей лыжнику необходимо 12 килокалорий

на каждый килограмм веса, а спящему — 0,93. Углеводные это калории или жировые — почти безразлично. Правда, жиры усваиваются труднее, требуют больше усилий при пищеварении и позже поступают в кровь. Но если спешки нет, 400 г жира может заменить 900 г углеводов. Даже можно заменить их и белками. Но вот белки ничем не заменишь, потому что белки — это материал, из которого строится организм. Белки — это биологический кирпич.

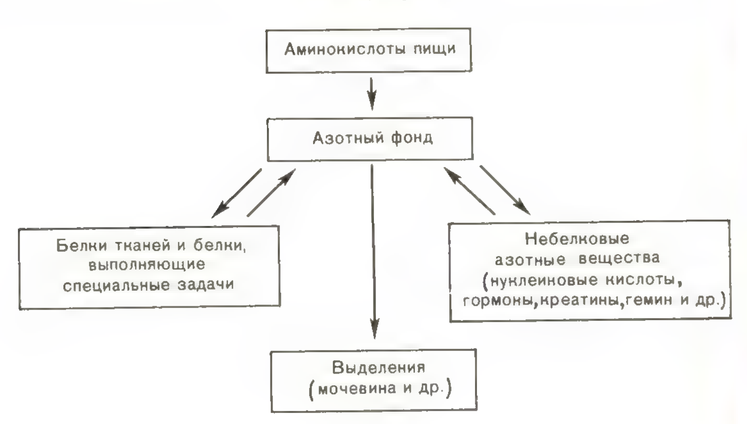
Сколько же нужно кирпичей? Основное назначение белка у взрослых — ремонт организма, у юных — рост и развитие. Аминокислоты пищи должны заменить аминокислоты тела, распавшиеся в процессе жизнедеятельности.

Требуется столько, сколько распадается. Но сколько именно? Высчитывают это, составляя азотный баланс. Дело в том, что азот поступает в организм с белками (в белке в среднем 16 % азота, в аминокислотах — 14 %). Выделяется же азот с продуктами распада белка, преимущественно в виде мочевины. Сравнивая количество азота в пище и в выделениях тела, биохимики составляют баланс организма. Если приход равен расходу, значит, организм получает все, что ему причитается. Если усвоено больше... вы толстеете, если меньше — вы худеете или больны.

Но прежде чем называть цифры в граммах, необходимо еще учесть, какой именно белок вы едите, принять во внимание КЭБ — коэффициент эффективности белка. Не все белки равноценны. Наиболее питательны белки молока, яиц (ведь сама природа и предназначила их для питания), наименее питательны белки сухожилий, волос, роговицы глаза. Другими словами: иного белка достаточно 50 г в день, а другого и 200 не хватит.

Разница эта зависит прежде всего от перевариваемости. Некоторые белки полностью гидролизуются





и всасываются за те 6 часов, в течение которых их обрабатывают ферменты в желудке и кишечнике. Для других же белков 6 часов мало и пищеварительные ферменты слабоваты. Эти выбрасываются непереваренными. Опыты такого рода проще всего ставить на животных. Там есть внятный показатель — привес. Кормили животных такими-то белками, прибавка в весе такая-то, кормили другими — привес получился меньше.

При питании человека имеет значение и кулинарная обработка. Теплая пища, вареная, подогретая облегчает переваривание. Сильное же нагревание может затруднить переваривание, даже сводит к нулю. Стало быть, от пережаренной пищи толку мало. Но иногда и это нужно. В медицине применяются так называемые ложные завтраки. Больной поел, сыт, но ничего не переварил. Пищу проглотил, а аминокислоты в кровь не поступили.

Исследование азотного баланса и коэффициента эффективности белка позволило ученым назвать

достаточно точную цифру. Организму нужно примерно 80—100 г белка в сутки, чтобы в кровь поступили все необходимые аминокислоты.

Какого сорта кирпич? На этой обобщенной цифре исследование не кончается. Организм все равно разбивает белки на блоки. С одной стороны, это помогает пищевой химии — нет необходимости синтезировать хитросложные белки. Но с другой стороны, прибавляет работы: надо разобраться, какие именно аминокислоты давать и в какой пропорции.

Прежде всего надо составить перечень аминокислот, необходимых организму. Забежав вперед, скажем: в нашей книге мы дали их список в предыдущей главе (см. с. 56). Без этого нельзя было рассказать о строении белка. Но открыты были аминокислоты далеко не все сразу. Пришлось ставить долгие опыты на животных, которых кормили смесью аминокислот. Сначала смеси, говоря по-научному, не обеспечивали жизнедеятельности, т. е. подопытные животные болели, чахли и погибали. Ученые искали, каких веществ не хватает в пище, добавляли в смесь новые (так был открыт, например, треонин — одна из незаменимых аминокислот). Наконец пришел успех. Американскому исследователю У. Роузу удалось составить смесь, которая позволяла подопытным крысам прожить полный срок и давать потомство в течение нескольких поколений, стало быть, обеспечивала всем необходимым.

Мало того, выяснилось еще, что среди аминокислот есть обязательные и необязательные, незаменимые и заменимые. Заменимые организм может сам приготовить из обломков молекул, незаменимые должен получить извне. Заменимые снабжают организм как бы обезличенно: энергией вообще, азотом вообще, углеродом вообще. Но атомы вообще и энергию вообще можно получить разными путями. Незамени-

мые же снабжают организм не просто материалом, а готовыми фасонными кирпичиками, лучше сказать, деталями для сборочного конвейера клеток.

Это необходимо учитывать при расчете питательного рациона. В самом деле, если на конвейере монтируется сложная машина, агрегат из десятков сортов деталей и не хватило одного сорта, конвейер приходится остановить. Все остальные сорта, сколько бы их ни было, не будут использованы. Дефицит — узкое место производства. Количество продукции определяет самая дефицитная деталь.

Подобное и происходит при синтезе (сборке) молекул белка в клеточках. Каждому белку нужно определенное количество незаменимых кислот, допустим, 2% молекул триптофана, 10% лейцина, 6% изолейцина, 6% валина и т. д. Но вот баланс нарушен: в пище не 6%, а 3% валина. Тогда клетка смонтирует только половину белков. И половину триптофана, половину лейцина, половину изолейцина выбросит за ненадобностью, невозможностью использовать.

И еще незаменимые. Третья глава познакомила вас с формулами, с химией пищи, в этой — четвертой — вы знакомились с цифрами — с бухгалтерией. И пока дело выглядит не таким уж сложным. 400 г жиров или 900 углеводов, друг друга заменяющих, да 100 г аминокислот, среди них незаменимых, остро необходимых. Все?

Нет, не все. И сами вы напомните. Еще нужны и витамины.

Школьникам XX в. не надо объяснять, что такое витамины. Вы слышали о них с раннего детства, привыкли глотать кисленькие шарики драже. «Детки, надо кушать витамины!» — твердили вам мамы, няни и бабушки. Азбучная истина. Но родителям ваших бабушек азбучная истина эта досталась на горьком опыте.

В конце прошлого века в Южной Азии прошла эпидемия тяжелой болезни, ее называли бери-бери. У заболевших менялась походка, они сначала не могли ступать на пятки, потом переходили на костыли, слабели, дело кончалось параличом и смертью. Голландский врач X. Эйкман выяснил, что причина болезни — чересчур совершенная машинная очистка риса. В рисовых отрубях есть необходимое организму вещество — потом его назвали витамином В. В очищенном рисе его нет, люди не получают нужного вещества, и в результате — бери-бери, полиневрит по-научному.

В дальнейшем были найдены и другие витамины. В наше время известно почти два десятка: возможно, не все еще найдены.

Все витамины — незаменимые вещества; организм не умеет их готовить и должен получать извне. Пожалуй, можно назвать их «незаменимые неаминокислоты». Подобно аминокислотам они входят как готовые блоки в важные ферменты, ведающие обменом веществ. Некоторые же сами являются ферментами, только не такими громоздкими, как белки. Не столь громоздкими, не столь сложными и потому доступными для химии. Почти все витамины уже сейчас готовятся химически на фабриках. Для получения их в чистом виде не нужны ни растения, ни животные. Только B_{12} получают с помощью грибков, но тоже на фабриках.

Витамины делятся на водорастворимые и жирорастворимые. Из числа первых наиболее известен витамин С — аскорбиновая кислота. Всем вам случалось глотать кислые или подслащенные глюкозой таблетки. Формула витамина С сравнительно проста, не сложнее, чем у одиночного сахарида и аминокислоты. Пятигранное колечко фруктозы, к нему присоединен винный спирт и мелкие группы. Почему организм не склонен изготовлять такую простую молекулу само-

стоятельно? Может быть, потому, что наши предки находили достаточно фруктозы, питаясь плодами.

Витамин С содержится почти во всех свежих овощах и фруктах. Особенно много его в укропе (0,15 %), в хрене (0,2 %), красном перце (0,25 %), черной смородине (0,3 %), зимней хвое (0,22—0,28 %), сухом шиповнике (1—5 %), в сыром картофеле. Недостаток витамина С в пище вызывает тяжелую болезнь — цингу. При ней ухудшается самочувствие, расшатываются и выпадают зубы, тело опухает, покрывается пятнами. В прошлых веках цинга была бедствием для мореплавателей и полярников, вынужденных месяцами питаться сухарями и солониной или же консервами. Беда в том, что аскорбиновая кислота нестойка, легко разрушается при варке, сушке, консервировании и просто на воздухе — при долгом хранении. Чтобы сохранить ее, приходится принимать специальные меры.

В группу В входит несколько витаминов: помимо упоминавшегося B_1 — спасителя от бери-бери, еще и B_2 — рибофлавин, необходимый для глаз. Он содержится в мясе, молоке, яйцах.

Очень проста по строению остро необходимая никотиновая кислота (витамин PP). Отсутствие ее приводит к тяжелой болезни — пеллагре. А витамин B_{12}, наоборот, чрезвычайно сложен. Это белковая молекула, содержащая атом кобальта, крайне важный для клеток. Интересно, что энтеросептол, лекарство, которое дают при расстройстве желудка, как раз и отнимает у бактерий этот самый атом кобальта. После этого наши микровраги неминуемо гибнут.

Из жирорастворимых витаминов наиболее известен витамин А. Он принимает участие в синтезе родопсина — химической основы зрения. При недостатке витамина А, обычно это бывает ранней весной, возникает странная болезнь, в просторечии ее именуют куриной слепотой. Человек совершенно ничего

не видит ночью, а в сумерках — только в четком узком круге. Витамин А содержится в рыбьем жире, а также в каротинах — желтых растительных пигментах, придающих такой яркий цвет моркови.

Но нет необходимости перечислять все витамины. Все они необходимы, все содержатся в пище, каждый избавляет от какой-либо неприятной болезни.

Итак, белки, жиры, углеводы, витамины. Что еще требуется для полноценного питания?

Еще нужны соли. Соли вносят в организм металлы, фосфор, фтор, различные микроэлементы в совсем малых количествах. У каждого своя задача.

Натрий идет в кровь. Кровь-то у нас соленая. А поваренная соль и есть хлористый натрий.

Калий, вместе с тем же натрием, необходим для мозга и нервов. Нервный телеграф у нас работает не на электрическом, а на электрохимическом ионном токе. По нервным клеткам перемещаются ионы натрия и калия.

Кальций нужен главным образом для костей. Кости состоят из фосфорнокислого кальция.

Фосфор, следовательно, тоже нужен для костей, нужен в мышцах. Аккумулятор энергии у человека и у всех животных — адезинотрифосфорная кислота. Когда человек работает, кислота эта распадается, отдавая заложенную в ней энергию. И помимо всего фосфор нужен каждому клеточному ядру, поскольку на содержащих фосфор нуклеиновых кислотах записана программа построения и работы каждой клеточки, а также и программа построения всего организма — наследственность.

Сера входит в состав белковых молекул.

Фтор нужен зубам. В тех городах, где вода чересчур уж чистая, зубы у людей портятся быстрее.

Иод нужен щитовидной железе. Жители гор, пьющие воду снежных потоков, в которой мало иода, нередко болеют базедовой болезнью.

Железо работает в крови, в гемоглобине — переносчике кислорода.

И так далее, так далее. Магний, цинк, марганец, хром, медь, молибден, селен — у каждого элемента своя функция.

Но как правило, соли — не проблема. Поваренной соли в природе достаточно, остальные попадают в организм с водой и всякой другой пищей.

Вкусно, ароматно, красиво

А если известь вкусна? Пройдя четыре главы, мы с вами можем прийти к утешительному выводу: будущему химику пищи нет нужды дублировать шеф-повара, разбираться в пропорциях тысячи блюд из «Книги о вкусной и здоровой пище». Все разнообразие гастрономии удается свести к углеводам, жирам, двум десяткам аминокислот, витаминам и солям. Почти все эти вещества уже синтезируются на заводах.

Несколько десятков веществ, и все на учете. Ежедневная порция подсчитана: триптофана — 1 г, лейцина — от 4 до 6 г, изолейцина — 3—4 г и т. д.

И все-таки вы несколько смущены. Неужели это и есть пища будущего? Пакетик с триптофаном, пакетик с изолейцином... Не привлекательно как-то, неаппетитно.

Совершенно верно. И потому надо нам позаботиться и о привлекательности тоже, о вкусе, запахе, виде пищи. Отнюдь это не каприз, не баловство, а насущная потребность организма.

Ведь приведенная в конце предыдущей главы таблица составлена для среднего человека, а мы и вы все, читатели, — неповторимые личности. Как

нужно питаться неповторимой личности? Известно, что при физической работе на килограмм веса требуется больше калорий, мужчине больше еды, чем ребенку. Но сколько, сколько именно?

Для человека вообще трудно подобрать критерий. В опытах с животными просто: там ориентируются на привес. Если бычок растет и нагуливает мясо, значит, мы его кормим правильно. Но далеко не всем людям нужен «привес». Некоторым желательно полнеть, а другим полезнее худеть. Взрослому же чаще надо не полнеть и не худеть, а работать, тренироваться, укреплять мускулы и память, совершенствовать сообразительность, тонкость слуха.

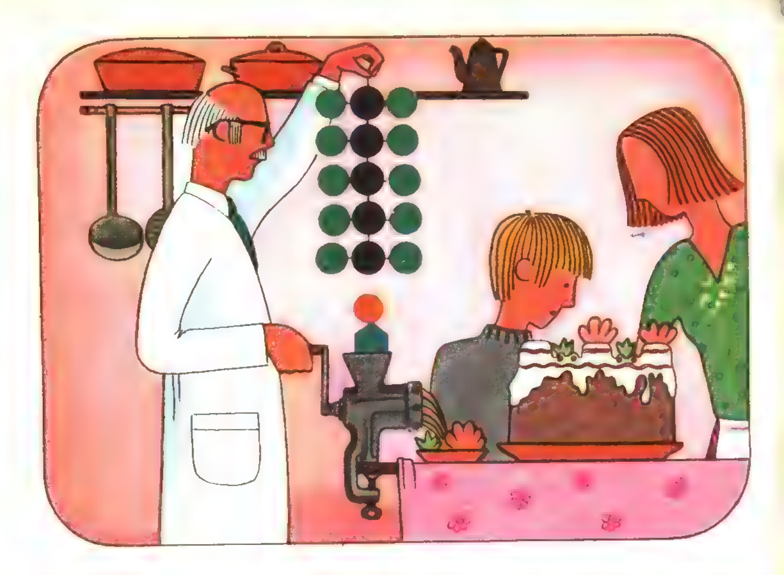
Какая диета нужна математику, какая — музыканту? Какая нужна сегодня, какая завтра?

Ни химик, ни медик не скажут точно. Практически нет и не будет возможности прикреплять к каждому едоку врача, для каждого ужина и завтрака высчитывать пропорции валина, лейцина и изолейцина.

Но к счастью, организм сам чувствует, что ему нужно.

Это тоже доказано на опытах с животными. Животным, как и нам, среди прочих нужны соли калия и натрия. Нужны, в частности, для нервной системы. Нервные сигналы передаются у нас путем перемещения ионов натрия и калия. Вот и сейчас, когда вы водите глазами по строчкам, ионы эти мечутся по глазным мускулам туда и сюда.

Хлористый натрий — соленый, хлористый калий — соленый; отличить их на вкус и запах невозможно. И вот в опытах крысам давали одинаковую пищу, иногда с натрием, иногда с калием. Крыс путали, меняли местами кормушки, иногда сыпали натрий в красную, иногда в синюю. Крысы ели так и этак, то калий, то натрий. Но в общем месячный баланс выполнялся точно: такой-то процент калия,



такой-то натрия. Стало быть, чувствовали, какая соль требуется.

Дети и взрослые сами чувствуют, что необходимо организму: «Ой, хочется сладенького!, Ой, охота соленого!» Маленькие дети особенно охочи до сладостей. На то есть причина. Теперь вы и сами ее назовете без труда: сахар легко усваивается, сразу же пополняет организм энергией, не то что жиры и каши, которые перевариваются полдня.

А у иных детишек совсем странные вкусы: даже известку грызут или яичную скорлупу. Почему? Видимо, кальция не хватает для растущих костей.

Так что с чистой совестью ешьте вкусное, потакайте своему вкусу. Но не переедайте, будьте умеренны. К сожалению, от первобытных предков мы унаследовали аппетит про запас. Желудок у нас тоже с резервным объемом — про запас. Если вы перейдете меру, организм выскажется. Противно, приелось,

надоело — это сигналы организма. Он сообщает, что данного материала предостаточно, хватит надолго. Когда исчерпается, появится аппетит.

Разные нужны материалы, нужны одновременно, в сочетании друг с другом. Нельзя перегружать желудок только углеводами, только жирами, только белками. Даже и переваривать так труднее: одни соки нужны в избытке, другие железы бездействуют. Трудно переваривать... а нам представляется — невкусно. Сочетание полезнее, потому и вкуснее. Винегрет лучше, чем картошка и свекла по отдельности, компот лучше, чем сахар и фрукты, бутерброд с сыром полезнее, чем хлеб, масло и сыр.

В общем, организм понимает, что ему нужно. Понимает, чувствуя запах и вкус. Пища должна быть вкусной, ароматной и красивой.

Пища будущего тоже. Значит, химикам надо позаботиться не только о составе, не только о балансе, но еще о вкусе, запахе и виде.

Нужно прежде всего разобраться, что такое запах и вкус.

Вкусная химия. Вкус пищи мы ощущаем языком. По всей поверхности его расположены чувствительные сосочки желобовидные, грибовидные, листовидные. Края языка всего чувствительнее к кислому, кончик — к сладкому и соленому, основание — к горькому.

А остальные оттенки? Как различаются тонкости тысячи с лишним блюд?

Как ни странно, все тысячи гастрономических изобретений состоят из сочетания кислого, соленого, сладкого и горького. Довольно однообразно. Все же богатство и привлекательность кухни создает запах. Попробуйте пообедать зажав нос. Вы даже удивитесь, как же невыразительна, как скучна стала еда.

Итак, существует всего четыре вкуса: кислый,

соленый, сладкий, горький. Впрочем, и все многообразные оттенки красок состоят из семи цветов радуги.

Связь между вкусом и химическим составом не очень ясна науке. Одинаковый вкус может быть у очень далеких по строению веществ, а противоположный — у близких. Ясность только у кислот — все они кислые. Ярко выраженный соленый вкус — у поваренной соли, но соли других металлов — горькие. Высокомолекулярные соединения — полисахариды (крахмал), полипептиды (белок), как правило, безвкусны. Вкус же пептидов зависит от входящих в них аминокислот. Так, пептиды, состоящие из сладких аминокислот, в большинстве не имеют вкуса, пептиды же из горьких аминокислот все без исключения горькие.

У самых аминокислот вкус разнообразен. Безвкусны или имеют очень слабый вкус: D-аланин, D- и L-аспарагиновая кислота, D-глутаминовая кислота и некоторые другие. Все перечислять не будем.

Сладки (в порядке убывания сладости): D-триптофан, D-гистидин, D-фенилаланин, L-аланин, глицин.

Горьки: L-триптофан, L-фенилаланин и др.

Сернистый вкус: цистеин, метионин.

Возможно, самые внимательные из вас обратили внимание на противоположность изомеров. У горьких L-аминокислот D-изомеры обычно сладки. L-триптофан только в два раза менее горек, чем кофеин, а D-триптофан в 35 раз слаще сахарозы. Свободные же кислоты (без аминогрупп) кислые, само собой разумеется.

Как видите, разговор ведется все о тех же четырех типах вкуса: кислом, соленом, горьком, сладком. Следовательно, задача будущей пищевой химии, в частности, состоит в том, чтобы наделить искусственные питательные продукты кислым, соленым, горьким, сладким вкусом в различных пропорциях.

Кислый вкус, как сказано выше, не проблема. Любая кислота кислая. Уже сейчас в пищевой промышленности применяются следующие:

Название	Химическая формула	Продукт
Адипиновая	$\underset{COOH}{CH_2}-CH_2-CH_2-\underset{COOH}{CH_2}$	Мармелад
Лимонная	$HO-C(CH_2-COOH)(CH_2-COOH)-COOH$	Квас, пастила, варенье, компоты, рыбные консервы, напитки
Молочная	$CH_3\underset{OH}{CH}COOH$	Квас, кислосливочное масло, напитки
Уксусная	CH_3COOH	Маринады, винегреты
Яблочная	$HO-\underset{CH_2COOH}{CH}-COOH$	Мармелад, кондитерские изделия
Угольная	H_2CO_3	Шипучие напитки

Соленый вкус сообщается без особого труда добавлением поваренной соли.

Горький требуется редко. Любители покушать редко гонятся за горечью. Ну, горчицу мы употребляем, пьем горький кофе... но с сахаром.

Вот со сладостью химики потрудились. Иногда требуется обманчивая сладость. Нужна она больным диабетом — сахарной болезнью. Их организму сахар вреден, а рот по привычке требует сладкого. Стало быть, нужен им сладкий несахар. Полезна обманчивая сладость и людям с сидячей работой. Энергии они тратят мало, а от углеводов толстеют. Лучше уж

потакать вкусу, не глотая углеводов. К числу таких потакающих, обманчиво сладких веществ относятся сахарин, ксилит, сорбит.

Сахар отнюдь не самое сладкое вещество. Фруктоза слаще на 73%, ксилит — вдвое, а сахарин — в 400—500 раз. К сожалению, он не усваивается организмом, полностью выводится с мочой. Для организма он чужероден, даже безвредность его сомнительна.

Почти столь же интенсивно сладок «аспартам», синтезированный совсем недавно — в 1969 г. Он в 150 раз слаще сахарозы и в отличие от сахарина питателен: распадается в кишечнике на нужные организму аминокислоты — L-аспарагиновую и L-фенилаланин.

Из сладких аминокислот полезен и приятен глицин. В большом количестве он содержится в рыбе, креветках и моллюсках, придает им особенный вкус. Глицин уже в наше время широко используется в некоторых странах в производстве приправ, супов, маринадов. Кроме того, он создает то, что дегустаторы называют основой или полнотой вкуса. Он смягчает горькость или соленость, снимает неприятный привкус некоторых искусственных продуктов.

Как видите, химики могут регулировать и вкус, и силу его, и насыщенность.

Конечно, без сложностей не обходится. Когда имеешь дело с двумя веществами, проявляется так называемый синергизм — изменение силы и характера вкуса одного вещества в присутствии другого.

Для улучшения и обострения вкуса мясных, рыбных, овощных блюд и бульонов широко применяют L-глутамат натрия. Мировое производство его — около 250 тыс. т в год.

Синергичен, в частности, и D-триптофан. Он усиливает сладость сахарина и устраняет присущий ему неприятный привкус. Особенно полезен для усиле-

ния сладости мальтол, часто употребляющийся в кондитерских изделиях. Ничтожная добавка его — 15 миллионных долей — позволяет снизить расход сахара на 15%.

Измерить интенсивность и качество вкуса приборами невозможно. Приходится пробовать языком. Приготовленные блюда пробуют специалисты-дегустаторы, оценивая их словами или баллами, как танцоров на льду; в дальнейшем оценки обрабатываются математически. Учитывается и порог ощущения — наименьшее количество, при котором еще улавливается вкус. Однако и эта характеристика неполна, так как многие вещества меняют свой вкус и запах с изменением концентрации. Изменилась концентрация — снова приходится дегустировать. Так или иначе со вкусом химия разобралась. Вкус пище будущего обеспечен. Но нужен еще и аромат.

Ароматная химия. Перед нами трудная задача. Запах много сложнее вкуса. Тут не отделаешься четырьмя составляющими. Пахучих веществ величайшее множество. Даже их научная классификация еще не создана. Приходится описывать по принадлежности: запах розы, запах лука, запах дыни, запах гнили и т. д. И разбираются в запахах специалисты-дегустаторы с изощренным обонянием.

Запах сложнее вкуса, может быть, потому, что он древнее, раньше понадобился животным и дольше отрабатывался в процессе развития. Запах и вкус родственны, но вкус — близкодействующее чувство, исследование того, что во рту уже лежит, а запах — дальнодействующее предупреждение: сигналы о до-

быче — это стоит в рот положить или же об опасности: как бы тебя в рот не положили.

Запах необходим всем живущим, вкус — только жующим неторопливо. Известно, что люди, утратившие обоняние, могут питаться, могут жить... но они чаще других отравляются. Нос предупредил бы, что пища недоброкачественная.

Чувствительность обоняния потрясающая, даже у человека — далеко не рекордсмена по части запахов. Есть вещества, запах которых мы ощущаем при концентрации 10^{-12} (одна молекула на миллион миллионов молекул воздуха). Конечно, нос собаки еще чувствительнее, а насекомые превосходят и собак. Самец бабочки тутового шелкопряда чувствует запах самки за несколько километров. По-видимому, в данном случае одна-единственная молекула возбуждает чувствительную клетку.

До самого недавнего времени в науке шел спор о природе запаха. Как он распространяется: попадают ли пахучие молекулы в нос или излучают какие-нибудь лучи, вроде инфракрасных? Сейчас у лучевой гипотезы мало сторонников. Запах считается чисто химическим чувством. Однако четкого соответствия между характером запаха и строением молекулы нет. Очень сходные по строению молекулы пахнут по-разному.

В носу имеются разные рецепторы (чувствительные клетки): и обобщенные, и специализированные, настроенные на восприятие какого-либо особенно важного вещества. Чаще всего за общий аромат ответственны разные рецепторы, так же как за аккорд — все струны одновременно. Этакий аромат-оркестр в носу!

От чего же зависят запахи? Наука знает две причины: первая — из продукта выделились содержавшиеся в нем природные летучие вещества. Они-то и достигают наших ноздрей. Так, запах корицы опреде-

ляет коричный альдегид, а кожура лимона выделяет цитраль и d-лимонен. По строению пахучие вещества часто похожи, сплошь и рядом встречаются здесь шестиноги ароматического ряда.

Гораздо сложнее вторая причина запаха. Это — многоступенчатые реакции, которые возникают во время приготовления пищи: при квашении, створаживании, скисании, брожении, варке, поджаривании. Здесь возникают многие сотни летучих соединений. Количество их ничтожно: миллионные и миллиардные доли в парах, но в зависимости от пропорции запах заметно изменяется.

Некоторые из этих реакций идут под влиянием микроорганизмов, при помощи воды, кислорода и ферментов. При подогревании же начинается взаимодействие аминокислот и углеводов (реакция Майяра). И в частности, образуются высокомолекулярные соединения коричневого цвета — меланоидины (например, в корочке хлеба).

В результате подогревания получаются сложнейшие смеси. Так, в аппетитном аромате свежеиспеченного хлеба найдено 159 соединений. Можете себе представить, сколько труда приходится вкладывать химикам, чтобы разобраться в свойствах пищи. В приведенной таблице перечислены 159 химических веществ, которые были найдены в запахе пшеничного хлеба.

Углеводороды:

лимонен
толуол

Спирты:

этанол
1-пропанол
2-пропанол
2-метилпропан-1-ол
1-бутанол
2-пентанол
3-пентанол
1-гексанол
фурфуриловый спирт
бензиловый спирт

2-метилбутан-1-ол
3-метилбутан-1-ол
1-пентанол
2-фенилэтанол
1,2-бутандиол

Карбонильные соединения:

формальдегид
ацетальдегид
пропаналь
2-пропеналь
2-метилпропаналь
2-оксопропаналь
бутаналь
2-бутеналь
2-метилбутаналь
3-метилбутаналь
пентаналь
3-этилбутаналь
2-пентеналь
гексаналь
2-метилпентаналь
2-этилгексаналь
2-гексеналь
2,4-гексадиеналь
гептаналь
2,3-бутандион
2-пентанон
3-пентанон
3-пентен-2-он
4-метилпентан-2-он
2,3-пентандион
2-гексанон
3-гексанон
2-гептанон
3-гептанон
2,6-диметилгептан-4-он
2-октанон
2-гептеналь
2,4-гептадиеналь
октаналь
2-октеналь
2,4-октадиеналь
нонаналь
2-ноненаль
транс-2-цис-4-декадиеналь
2,4-нонадиеналь
деканаль
2-деценаль
бензальдегид
4-оксибензальдегид
фенилацетальдегид
2-фенилпроп-2-еналь
2-пропанон
2-бутанон
3-оксибутан-2-он
3-метилбутан-2-он
2-нонанон
2-деканон
2-циклопентен-1-он
ацетоксиацетон
фурфурол
3-формилфуран
5-метилфурфурол
5-оксиметилфурфурол
2-ацетилфуран
1-(фурил-2)пропан-2-он
1-(фурил-2)пропан-1,2-дион
2,5-диметилфуран-3-он
2-метилтетрагидрофуран-3-он

Кислоты:

муравьиная
уксусная
пропионовая
2-метилпропионовая
2-оксипропионовая
пентановая
4-оксопентановая
гексановая
октановая
декановая

2-оксопропионовая
бутановая
3-метилбутановая
додекановая
бензойная

Эфиры:

этилформиат
фурфурилформиат
этилацетат
фурфурилацетат
этил-2-оксопропионат
этил-4-оксопентанат
4-оксибутановой кислоты лактон
4-окси-2-бутеновой кислоты лактон
4-окси-3-пентановой кислоты лактон
4-оксигексановой кислоты лактон

Основания:

пиррол
1-метилпиррол
этилпиразин
2,3-диметилпиразин
2,5-диметилпиразин
3-этил-2-метилпиразин
2-метил-6-пропилпиразин
метиламин
диметиламин
триметиламин
этиламин
диэтиламин
триэтиламин
пропиламин
дипропиламин
трипропиламин
изопропиламин
диизопропиламин
бутиламин
дибутиламин
триизобутиламин
N,N-диэтилбутиламин
N-изопропилбутиламин
амиламин
изоамиламин
диизоамиламин
гексиламин
гептиламин
N,N-диметилоктиламин
пирролидин
пиперидин
пиридин
2,3-диметилпиридин
2,4-диметилпиридин
2,6-диметилпиридин
4-этилпиридин
α-пиколин
β-пиколин
γ-пиколин

Серусодержащие соединения:

метилмеркаптан
диметилсульфид
диметилдисульфид
3-ацетилтиофен

Прочие соединения:

3-окси-2-метил-4-оксо-1,4-пиран (мальтол)
2-ацетилпиррол
1-фурфурилпиррол

1,1-диэтоксиэтан
изомальтол
этилфурфуриловый эфир
2-формилпиррол
фуран
2-метилфуран
амилфуран

Вы спросите: как же это все узнали, как сумели разделить 159 газов? Для этого существует совершенно чудесный, удивительный по тонкости метод анализа, открытый в начале столетия русским ученым Я. Цветом. Называется он хроматографией.

Оказывается, если наполнить узенькую трубку (она иногда извилистая, иногда спиральная, но называется колонкой) веществом, впитывающим газы, и пропускать по этой трубке пары, все они будут то впитываться, то испаряться, но каждый по-своему. Одни пары будут оседать надолго, другие испаряться сравнительно быстро, третьи еще быстрее. Можно сравнивать их с поездами, идущими с одинаковой скоростью, но по разному расписанию. Поезда, стоящие долго на станциях, конечно, отстанут. Вещества, оседающие надолго, отстают. В результате смесь газов расслаивается, превращается в ряд колечек. В каждом колечке один из паров. Чем длиннее колонка, тем точнее анализ. Для изучения нефти применяли колонки в полкилометра длиной. В результате нашли 230 соединений в нефти... а в запахе печеного хлеба — 159.

Неужели же все 159 остро необходимы и без них хлеб не будет пахнуть хлебом? Нет, не все. Есть основные, ведущие... без прочих можно и обойтись. И тем не менее иногда требуются десятки. Около 10 компонентов понадобилось, чтобы придать аромат икры искусственной икре. Пища должна быть и вкусной, и ароматной.

Химия красивого стола. И третье условие: пища должна быть привлекательной на вид. Аппетит воз-

буждает не только запах, но и красиво сервированный стол.

Еду мы оцениваем и на глаз. У свежих продуктов яркие, чистые, насыщенные тона. Мутное, сероватое, зеленоватое, пожелтевшее, пятнистое мы воспринимаем как подпорченное.

Яркие тона у свежих овощей. Помидоры красные, дыни желтые, морковь оранжевая, салат светло-зеленый, чистого салатного цвета. Пожалуй, только синее и голубое редко найдешь в природе.

Красящие вещества — пигменты, как правило, нестойки, при варке, кипячении, жарении, квашении они разрушаются, в результате пища меняет цвет. Разрушаются пигменты и при порче продукта, как бы предупреждая: эта еда никуда не годится, ее пора выбрасывать. Даже при длительном хранении пигменты разрушаются, сообщают: лежалый продукт!

Само собой разумеется, все пигменты — химические вещества и даже не чересчур сложные, куда проще белков и полисахаридов. Строение их установлено. Как правило, пигменты — органические соединения с большим количеством двойных связей; в основе этих соединений знакомые нам шестигранные кольца бензола. Приведем характерные примеры. Перед вами цианидин — красный краситель, содержащийся в вишне, смородине и бруснике, а пеларгонидин, близкий ему по строению, придает красный цвет ароматным ягодам земляники.

цианидин

пелларгонидин

Подобными красителями окрашены и многие лепестки цветов.

Еще одна большая группа природных красителей — каротины. К ним относится ликопин — красящее вещество помидоров, шиповника, арбуза, абрикосов, а также и каротин из моркови, тыквы, рябины, апельсинов, мандаринов.

CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3

$-CH=CH-C=CH-CH=CH-C=CH-CH=CH-CH=C-$

CH_3

CH_3 CH_3 CH_3

$-CH=CH-CH=C-CH=CH-$

CH_3

β-каротин

CH_3 CH_3 CH_3 CH_3

$-CH=CH-C=CH-CH=CH-C=CH-CH_2OH$

CH_3

Витамин А

Каротин особенно важен для нас, потому что в организме человека он распадается на две молекулы витамина А. Именно от каротина получаем мы этот необходимый витамин. Запомнили? Морковь, рябина, тыква, апельсины, мандарины...

Зеленый цвет листьев, салата, щавеля, капусты зависит от хлорофилла. Это очень сложное соединение из класса порфиринов, в центре которого расположен атом металла — магния. Интересно, что зеленый хлорофилл — химический родственник красного гемоглобина нашей крови, но в центре гема не маг-

ний, а железо. В синеватой же крови осьминогов и раков ту же роль играет атом меди. Похож на порфирины и витамин B_{12} со своим атомом кобальта.

Но у порфиринов окраска — дело второстепенное. Эти вещества ведают в организме газообменом, захватывают и переносят кислород или углекислый газ.

Коричневый же цвет вкусной корочки жареного хлеба или мяса зависит от меланоидинов, образующихся при реакциях аминокислот с углеводами. Реакции эти сложны, не полностью выяснены. И даже химическое строение меланоидинов неизвестно. Возьмите на заметку, будущие химики: далеко не все еще понятно, осталась работа и для вас.

Итак, поскольку качество пищи мы привыкли оценивать по цвету, повара, кондитеры, работники консервных заводов, а также будущие химики-синтетики должны позаботиться и о чистом цвете.

Как правило, при этом используются природные красители, о которых рассказано выше: каротины, порфирины и другие, а также свекольный сок, красители из винограда, шиповника, шелковицы. Применялись и естественные красители, которые сами по себе в пищу не шли, например малиново-красный кармин из кошенили — мелких насекомых, живущих на листьях мексиканского кактуса.

Одно время в кондитерских изделиях широко применялись чисто синтетические азокрасители, те же, которые шли и в текстильной промышленности. Они и ярки, и разнообразны, и гораздо более стойки, чем природные. Но в общем организму они чужды... и ныне советская пищевая промышленность обходится без них. Из числа синтетических красителей в нашей стране разрешено применять только амарант (красный цвет и то под вопросом), индигокармин (синий), тартразин (желтый) и ультрамарин (голубой).

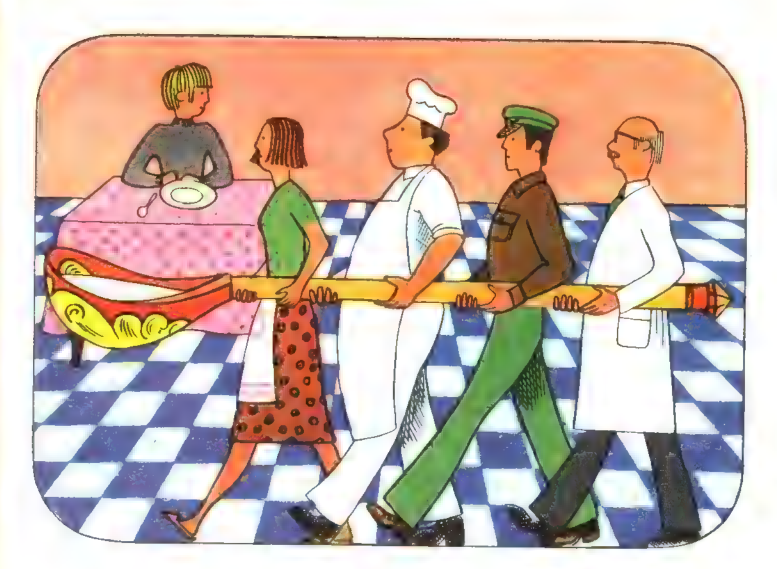
А для чего, спросите вы, применяется голубой цвет, столь редкий в природе? Для сахара, представьте себе. Ультрамарином снимают естественный желтый оттенок сахара. Обратите внимание: в данном случае краска служит не для того, чтобы лежалый продукт казался хорошим. Здесь краска потакает привычке глаза. Белое мы воспринимаем как идеально чистое, желтоватое — как лежалое. И хотя желтоватый сахар на самом деле естественнее, его подбеливают синькой... как крахмальное белье.

С подобной проблемой — цвета привычного и непривычного — столкнулись в нашем институте, создавая искусственную икру. Делается она из казеина — белка коровьего молока. Цвет у него серовато-белый. Но сероватые крупинки непривлекательны, и мы подкрасили их. Для опыта красили в разные цвета: черный, красный, голубой, зеленый. Краски были безвредные и безвкусные. Но даже опытных дегустаторов тошнило, вообразите себе, при виде зеленой икры. Однако ту же самую, зеленую, они с удовольствием ели в полной тьме.

Подведем итоги: человеку нужна разнообразная пища. Какая именно нужна сегодня? Мы ориентируемся по своему аппетиту, выбираем по вкусу, цвету, запаху. Значит, в природной пище нужно их сохранить, а в искусственной обеспечить: и вкус, и запах, и вид.

Сокращение звеньев

Просто или сложно? Пожалуй, глава эта самая важная в книге. Все предыдущие — вступление, описание условий задачи, а сейчас мы приступим к рассказу о решениях.



Но прежде чем продолжать чтение, оглянитесь назад, подумайте о пройденном. При чтении всякой книги, даже самой увлекательной, полезно задуматься на середине. А о чем, собственно, идет речь? Что хотел сказать автор? Какая стоит проблема? Ну и как же он решает ее?

Проблема была поставлена в первой главе: как кормить человечество, затрачивая меньше трудов, чем в наше время.

А далее шли мы извилистым путем, все колеблясь между крайностями: невыносимо трудно — не так уж трудно — совсем просто — не так уж просто...

Трудно обеспечить полноценной пищей многочисленное и быстрорастущее население планеты, ликвидировать голод, белковый голод, в частности. Трудно и очень! Но есть простое решение — синтез пищи.

Простое ли? Тысяча с лишним блюд в «Книге о

вкусной и здоровой пище». Неужели химик сумеет разобраться, составить формулы для всех на свете супов, рагу и винегретов?

Оказывается, и не надо составлять формулы. Все супы, винегреты и рагу состоят из белков, жиров и углеводов. Ну еще витамины и соли надо добавить.

И формулы витаминов и жиров сравнительно просты. У углеводов громоздки, но монотонны, однообразны по принципу построения. Зато белки не укладываются ни в какие рамки: разнообразные по составу, длинные, многочленные, изогнутые в трех измерениях, перевитые да еще склеенные. На каждую молекулу — тетрадка, иногда ученическая, а иногда и общая. Как составлять такое вещество?

Тупик безнадежный? Нет, оказывается, есть выход. Сложность эта не столь важна. Все равно, организм разбирает эти сооружения на отдельные кирпичи. Нужны не белки, а их составные части — кирпичи двадцати сортов, притом же не все обязательные. Несколько сортов аминокислот изготовить нетрудно. Стало быть, найдено простое решение: кормить смесью аминокислот!

Нет, не так просто. Смесь невкусна, неаппетитна. Для человека надо снабдить ее вкусом, запахом, цветом. Запах оказался всего сложнее. Десятки добавок для приятного аромата. Аромат иной раз дороже пищи.

Впрочем, и с естественной пищей то же. Курица не питательнее гороха, но дороже раз в десять. Покупая курицу, девять десятых денег мы платим за вкусное.

И в синтетической пище вкус и запах дороже всего. Но все-таки усилия химии полезны и необходимы; это труд во имя избавления от лишнего труда.

Расточительная природа. Вернемся еще раз к разговору, начатому в первой главе, к разговору о ребя-

тах, телятах, люцерне и солнышке. Снова посмотрим на рисунок, изображенный на с. 12.

Итак, из всей солнечной энергии, падающей на четыре гектара, люцерна использует для своего роста только 0,24%.

Из энергии, накопленной люцерной, телята используют для своего роста 8%.

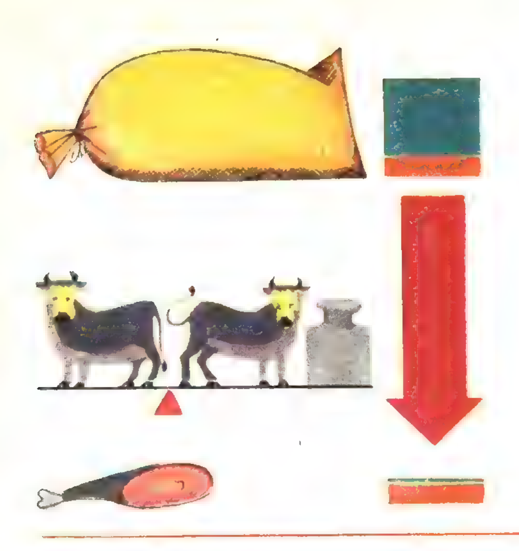
Из энергии, накопленной телятами, мальчик использует для своего роста 0,7%.

С точки зрения производства природа — никуда не годный инженер. Миллионная доля идет в дело. Коэффициент полезного действия — 0,0001%!!! Таких никудышних машин не бывает в технике. Даже и рассматривать конструкцию не станут.

Можно, правда, возразить, что претензии наши неосновательны. Природа не ставила перед собой цель прокормить человека. Некогда солнце зажглось само по себе. Свет его падает на близлежащие планеты (тоже не весь — миллиардная доля); люцерна впитывает его, чтобы поддерживать свой вид, телята поддерживают свой вид. Мы же — люди — конечное звено этой экологической цепи. Но в отличие от солнца, люцерны и телят у нас есть разум. Мы можем сделать расчет кормовой цепи и прийти к выводу, что с такой цепью трудно прокормиться как следует. Исправить ее надо, улучшить!

Надо улучшить, между прочим, и потому, что на земном шаре не хватит земли, чтобы выделить по четыре гектара на едока. Расчет простейший: 4 миллиарда жителей, площадь суши — 15 миллиардов гектаров. Но 90% суши это льды, болота, каменистые горы, песчаные пустыни. Для обработки пригодны примерно 1,6 миллиарда га, т. е. по 0,4 га на человека.

Стало быть, только одного мальчика из десяти можно кормить телячьими отбивными. На долю остальных — рисовая каша или соевые бобы.



Во-вторых, улучшать надо и потому, что КПД (коэффициент полезного действия) природы связан с КПД нашего труда. Люцерна не растет сама собой на целом поле. Его надо расчистить, вспахать, посеять семена, удобрять, культивировать, потом убрать урожай, увезти, хранить в складах. На все это тратится не только время, но и энергия — дорогое и дефицитное горючее. Солнечными лучами здесь не обойдешься. Горючее нужно для тракторов и комбайнов, для автомашин и для заводов, где строятся тракторы, комбайны и машины. Затраты, затраты, затраты труда, энергии и металла.

И только 8% этого труда используют телята.

В свою очередь, и сами они не растут без присмотра и ухода. Телята не только бегают и резвятся. Их надо охранять, лечить, кормить и поить, ухаживать за молодняком и чистить телятники. Опять же и не всех отправлять на бойню, половину

оставляют для сохранения поголовья. Так что не 8% идет на мясо, гораздо меньше.

На том потери не кончаются. Потери продолжаются в длительном путешествии продуктов с поля на стол. Бычки худеют в пути, а мясо портится, молоко проливается и скисает, яйца разбиваются, зерно подмокает, в огромном количестве портятся, гниют и пропадают фрукты и овощи. Лучше других выдерживают хранение сахар и растительное масло, но и сахар портит вода, а масло может прогоркнуть.

А все это энергия и все это труды. И гектары. Рабочие часы и гектары, потраченные на прокормление мышей, гусениц и плесени.

Таблица потерь

Продукт	Мировая продукция в 1962–1963 гг. (млн. т)	Различные потери	
		млн. т	%
Пшеница	262,9	83,1	31,6
Рис обработанный	247,4	108,8	44
Кукуруза	217,5	163,1	75
Ячмень, овес, рожь	185,8	125	67,3
Картофель	262,7	155	59
Фрукты	63,3	22,1	35
Лук и помидоры	25,5	3,2	12,5
Бобовые	32,6	17,2	53
Сахар	57,4	2,9	5
Масло растительное	19,3	0,2	1
Мясо	76,9	28,7	37,4
Рыба	42,4	18,5	43,7
Яйца	14	4,8	34
Молоко	354,9	71	20

Следовательно, для экономии средств, часов и гектаров намечаются три пути:

1. Снижение потерь.

2. Упрощение кормовой цепи, исключение отдельных звеньев.

3. Синтетическая пища.

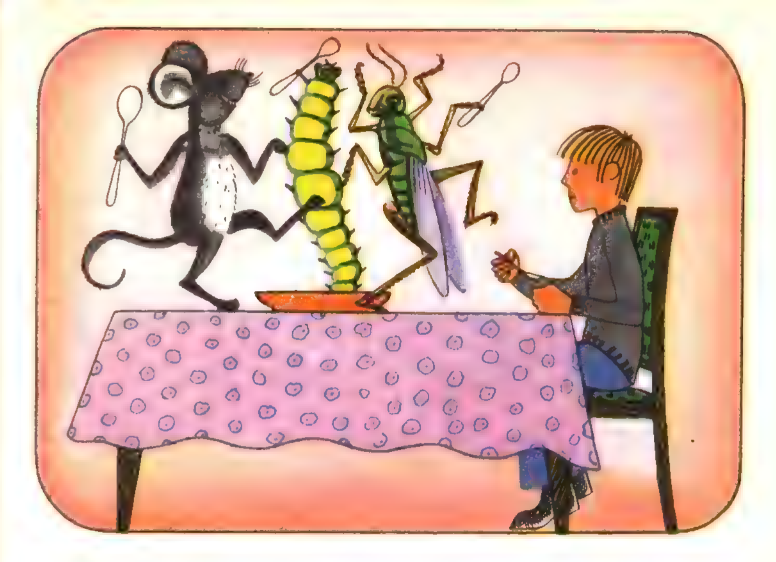
Разберем их последовательно.

[illegible] В приведенной выше таблице сведены воедино различные потери. Причин у них много. Можно свести их в две группы: причины внешние и причины внутренние.

К внешним причинам относятся прежде всего животные-расхитители: амбарные крысы, полевые мыши, разные птички. (Поглядите, сколько их кормится возле зернохранилищ — целые стаи!) Еще прожорливее жуки, гусеницы, грибки, бактерии, вирусы. Всем охота подкормиться у нашего стола.

К внешним причинам относятся и производственные потери. Ведь безупречной, идеальной, стопроцентной точности не бывает никогда. На каждом шагу потери, чем больше шагов, тем больше потерь. Хранили семена, какая-то доля испортилась. Везли на поле — просыпали, посеяли — всхожесть неполная, проросли — часть испортила непогода, часть съели вредители, заглушили растения — паразиты или сорняки, везли — растрясли, положили в бурты — подмочили. Начали обрабатывать — часть продукта пошла в отходы. А в отходах тоже ценные вещества. Пример: жмыхи, рисовая мучка, обрат молока, шроты. Кое-что из отходов удается скармливать скоту. Но многое пропадает зря.

Чем длиннее дорога, чем дольше хранение, тем больше потери. А дальние дороги неизбежны, потому что хлеб растет не везде, а фрукты — тем более. И рыбу тоже ловят в море, и требуется время, чтобы доставить ее на берег. И зерно везут за тысячи километров — из сельскохозяйственных областей в города, на Дальний Север, в тайгу и тундру. И волей-неволей хранят год до следующего урожая.



Тут уже — при перевозке и хранении — вмешиваются и внутренние причины порчи.

В мясе, фруктах, зерне таятся микроорганизмы. Живое тело борется с ними, в убитом система защиты выключена. Микробы же живы, продолжают расти и размножаться. И чем длительнее хранение, тем большую долю продукта они съедят и испортят. Можно обезвредить их консервированием... потеряв при этом витамины.

Но кроме того, пища портит себя сама. Отчасти виноват кислород. Жиры на воздухе окисляются и становятся горькими. И горьким становится весь продукт, целиком идет на выброс. Но главный виновник порчи — белки, точнее, самые активные из белков — ферменты: химические деятели, перестраивающие друг друга и все окружение. Живой организм управляет ими, дирижирует химическим оркестром. В убитом дирижера уже нет, и ферменты активно грызут

друг друга, разрушая клетки (это называется «автолиз»). Разрушенные клетки гниют, т. е. становятся пищей для гнилостных бактерий.

В конечном итоге все сгнившее, рассыпанное, потерянное, неубранное, подмоченное, подмороженное достается бактериям. Сидят за нашим общественным столом непрошеные гости и пожирают, хватая с наших тарелок треть мяса, почти половину рыбы, две трети картошки, ржи и овса.

То же можно формулировать и иначе. На прокормление гнили и плесени животноводы работают два дня в неделю, рыбаки — три дня, а полевые бригады и садоводы — и по четыре и по пять дней. Обидно!

Чем же помогает химия? С вредителями, сами знаете, борются ядами. Есть инсектициды—яды для насекомых, акарициды — против клещей, зооциды — против грызунов, фунгициды — против грибков, гербициды — против растений-паразитов. К сожалению, яды эти не всегда безвредны. Иные убивают не только мышей, но и полезных птиц, иные вредят скоту и даже человеку, оказавшись в пище. Путь не идеальный.

Удобнее и безвреднее поручать природе очистку природы: птицам и муравьям борьбу с насекомыми, лисицам — с мышами. Но стопроцентной очистки здесь не получается. Притом же лисицы склонны к разнообразию стола: предпочитают мышатину заедать курятиной.

С автолизом же — самопорчей продуктов — бороться может только сам человек.

Один из путей для сохранности пищи — выделение чистых веществ. Составные части пищи разделяются и хранятся порознь. Путь этот давно уже применяется в пищевой промышленности. Пример: выделение и хранение чистого сахара, выделение и хранение растительного масла. Бактерии, как и

люди, нуждаются в разнообразном питании и не могут жить на одном только продукте. В результате сахар и растительное масло (см. еще раз таблицу потерь) — самые стойкие вещества — почти целиком попадают на наш стол, вредителям достается совсем немного.

Что же касается комплексных продуктов — мяса, рыбы, фруктов, овощей, склонных кормить микробов и портить себя из-за неуместной активности ферментов, тут приходится заниматься консервированием. Консервируют, нагревая или высушивая. К сожалению, при этом разрушаются витамины, некоторые ценные аминокислоты и даже жирные кислоты.

Как же сохранить продукт, не снижая пищевой ценности? Для этого в него вводят антиокислители.

Жиры и белки портятся на воздухе, портятся, соединяясь с кислородом. Не будем разбирать сложные реакции, в процессе которых образуются перекиси и свободные радикалы. И те и другие химически активные, поскольку перекиси склонны отдавать энергичный кислород, а радикалы — это полумолекулы (не полное слово, а слог, к нему что-то прибавить нужно), у них свободная валентность, свободная «рука», стремящаяся ухватить кусок чужой молекулы. Антиокислители разрушают перекиси или обрывают активность свободных радикалов, насыщая их «голодную» валентность.

К числу антиокислителей относится аскорбиновая кислота — общеизвестный витамин С. Ее добавляют в маргарин. Для сохранения сала, шпига, рыбных и топленых животных жиров примешивают к ним бутилоксианизол и бутилокситолуол. Многие свободные аминокислоты также являются антиокислителями. Притом же они — нормальные составные части пищи. Такая добавка ничего не ухудшает.

Таким образом, антиокислители прекращают саморазрушение пищи; консерванты же замедляют

размножение гнилостных бактерий. К сожалению, их далеко не все можно употреблять в пищу. В СССР разрешены самые безвредные, например борная кислота (H_3BO_3) для кондитерских изделий и икры, перекись водорода (H_2O_2) для желатина и бульонов, сернистый ангидрид (SO_2) для вин, напитков, фруктовых изделий, уротропин — для зернистой икры и т. д.

Мощное противомикробное средство — антибиотики. Они подавляют болезненные и гнилостные бактерии. Антибиотики — это вещества, которые одни микроорганизмы (грибки чаще всего) выделяют для борьбы с другими. Но применять их в пище надо с осторожностью, потому что, попадая в организм, они могут уничтожать нужные нам бактерии, например участвующие в пищеварении. С другой стороны, не уничтожив до конца болезнетворную инфекцию, антибиотики могут приучить ее к себе, как бы закалить, и тогда лекарство вам не поможет при болезни. Из многочисленных антибиотиков только биомицин применяют у нас для орошения сырой рыбы и мяса при дальних перевозках. Но в готовом продукте (вареном) биомицин должен отсутствовать полностью.

Итак, химия помогает в борьбе с животными-вредителями, растениями-вредителями и самовредительством — автолизом.

Остается еще одна графа: потери производственные. Здесь, конечно, должны прежде всего приложить старание сами производственники: сберегать граммы, тонны и тысячи тонн аккуратностью, добросовестностью, старательностью, внимательностью, продуманностью каждого шага.

Могут ли и тут помочь химики? Могут. Уменьшая количество шагов.

Исключение звеньев. Еще раз вспомним экологическую цепь, описанную в первой главе. Экологиче-

ская цепь: энергия — растения — животные — человек.

Пожалуй, уточним ее для наглядности. Вставим еще два звена: молекулы и клетки. Это не условность, а уточнение. Действительно, энергия воздействует на молекулы, а молекулы находятся в клетках растений или же в самостоятельных одноклеточных организмах. Клетки, живущие на корнях бобовых растений, добывают азот из воздуха. Клетки почвы перерабатывают отбросы в перегной. И почвенные, и азотфиксирующие принимают участие в производстве пищи, питая растения. Кроме того, есть клетки, производящие пищу непосредственно. Мы имеем в виду дрожжи. О них еще немало будет сказано.

Уточняя, пожалуй, отметим еще, что в звене растений есть съедобные и есть несъедобные... для нас. Животные превращают в мясо и съедобный для нас продукт — зерно, овощи, а также и несъедобный — траву, листья, кору. Для использования несъедобного животное звено пока обязательно.

Таким образом, в уточненном виде энергию (солнечную или другую) используют последовательно: молекулы—клетки—растения несъедобные и съедобные — животные — человек.

Сейчас человек получает энергию (и материал) в форме пищи только от животного или растительного звена.

Какие есть варианты химической рационализации, упрощения пути, упразднения звеньев?

Четыре можно наметить:

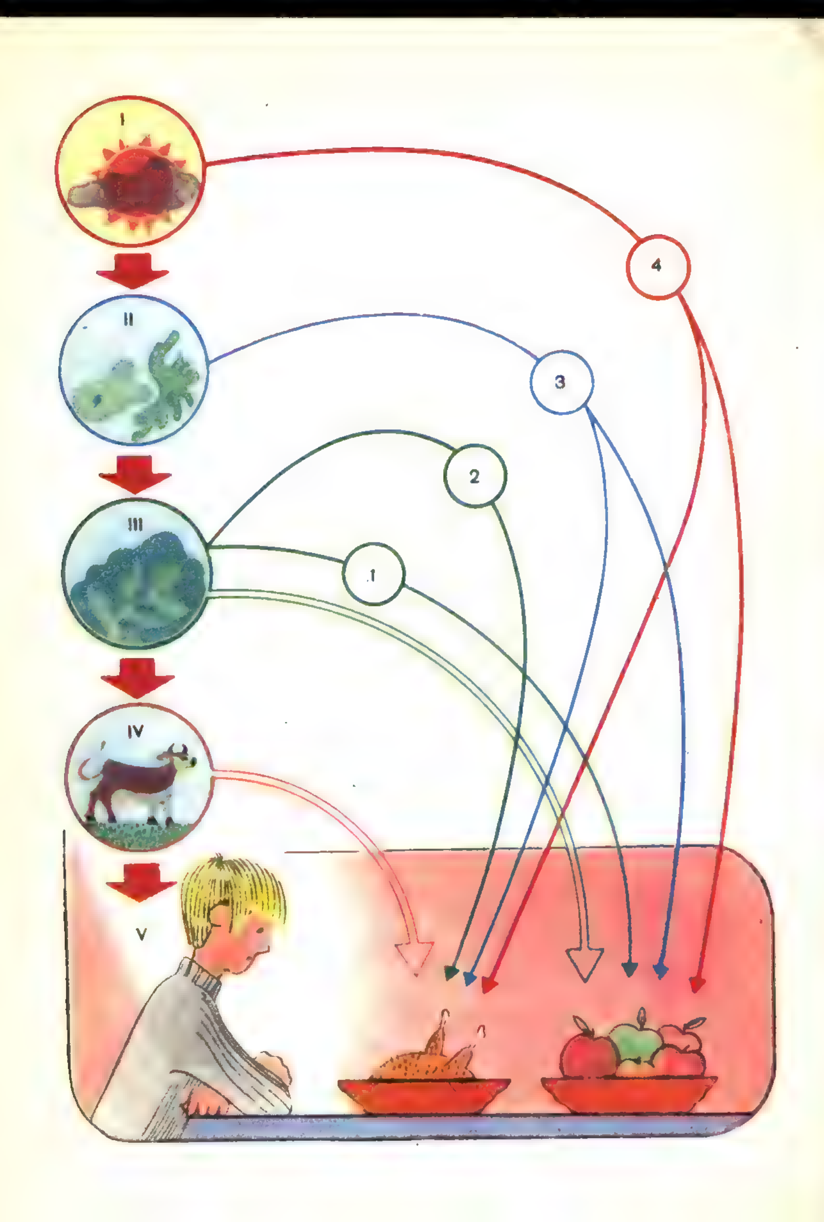
1. Растительная пища из несъедобных растений.

2. Животная пища без животного звена.

3. Пища из клеток, без животных и без растений.

4. Пища из молекул, без клеток, без растений и без животных.

Разберем все варианты последовательно.


I
II
III
IV
V
1
2
3
4

Есть надежные, испытанные пути получения пищи — от растений и от животных. К этим двум химия добавляет еще четыре:

1. Получение растительной пищи из несъедобных растений (сахар из дров).
2. Животная пища без животного звена (бифштексы из пшеницы и сои).
3. Пища без животных и без растений — из дрожжевых клеток.
4. Синтетическая пища без клеток, без растений и без животных — с помощью энергии из молекул.

Сладкие дрова. Древесина, стебли, солома, кора, листья и трава в основном состоят из целлюлозы (клетчатки). В третьей главе говорилось, что целлюлоза — полисахарид, подобно крахмалу. К сожалению, только желудки взрослых жвачных животных переваривают целлюлозу, и то не всякую. Козы охотно обдирают кору, коровы же ограничиваются травой. С клетчаткой им помогают справиться микроорганизмы, живущие в их пищеварительной системе. Для нас же трава неприемлема. А древесина несъедобна и для жвачных, с ней справляются только жуки-древоточцы.

Между тем страна у нас лесистая: сосны и ели куда больше, чем пшеницы. В 1975 г. в СССР было заготовлено и вывезено 311 млн. $м^3$ деловой древесины, содержащей 30 млн. т целлюлозы. Кроме того, было выращено 7,9 млн. т хлопка-сырца — еще 3 млн. т целлюлозы. Итого, 33 млн. т целлюлозы, которую, теоретически, можно было бы превратить в 33 млн. т глюкозы. Между тем продукция всей сахарной промышленности была в три раза меньше.

Но целлюлозу нужно еще превратить в глюкозу, расщепить ее: подвергнуть гидролизу.

Гидролиз возможен, наукой он решен. Целлюлозу можно расщеплять двумя путями: либо крепкими кислотами при повышенной температуре, либо же с помощью ферментов. При этом получается D-глюкоза, не слишком сладкая. Но можно пойти и дальше,

получить из глюкозы инвертный сахар, который куда слаще рафинада.

Получение инвертного сахара из целлюлозы пока еще находится на стадии опытных разработок, получение же его из кукурузного крахмала уже освоено и ведется в Америке в промышленном масштабе.

На производстве кукурузу сначала обезжиривают, отделяя кукурузное масло. Обезжиренную муку разделяют на крахмал и белок. После этого на крахмал последовательно воздействуют ферментами — альфа-амилазой и глюкоамилазой, в результате образуется раствор глюкозы. На него воздействуют третьим ферментом — глюкозизомеразой, превращающей глюкозу в фруктозу. Эту последнюю реакцию не доводят до конца, прекращая на полпути. Получается раствор инвертного сахара, сироп, содержащий половину глюкозы и половину фруктозы.

Уже существующий (в США) завод перерабатывает 590 тыс. т кукурузы в год, получая 350 тыс. т инвертного сахара и попутно другие полезные продукты — кукурузное масло и белок. Ввиду того что и подготовленное сырье, и окончательная продукция хорошо сохраняются, завод работает ритмично круглый год. Это делает процесс экономически выгодным. Себестоимость инвертного сахара из кукурузы — 173 доллара за тонну, тогда как тростникового — 334, а свекловичного — 329. Свекла легко портится. Хранить ее круглый год неудобно и дорого, поэтому на сахарных заводах осенью, после уборки урожая, аврал, а зимой, весной и летом затишье.

Сегодня сырье — кукуруза, в перспективе — древесина. Так что обилие сахара не проблема. Впрочем, углеводы вообще не проблема для человечества. Узкое место в питании — белок.

Телятина без телят. Белок — узкое место в питании. Мало того, белки неравноценны. Наилучшие те,

что приготовлены животными для кормления своего потомства — молочные и яичные, особенно они важны для детей. Несколько менее ценны белки мяса; белки же растений обычно еще менее питательны, потому что они бывают не всегда удачны по составу.

В принципе возможно получать белок не только из плодов и зерен, но из травы и из листьев. Пища из травы — еще один вариант упрощения кормовой цепи. Обычно мы «поручаем» телятам перерабатывать траву в съедобную телятину. Но, как выше сказано, они работают нерационально: помимо мяса выращивают еще рога и хвост, кости и шкуру.

Чтобы получить белок из травы или листьев, зеленую массу измельчают и подвергают давлению. Клетчатка спрессовывается, и большая часть белка переходит в сок. Он достаточно питателен, но «загрязнен» хлорофиллом, для человека не нужным. Однако хлорофилл удается удалить, растворяя его спиртом. Остается белковый сок.

Стало быть, травой и листьями можно питаться. Но что удивительного, в сущности? Салат, щавель, крапива, капуста — это же листья. Зеленый лук — стебель.

Впрочем, питание травой находится еще в стадии опытов. А вот работы по балансированию уже вошли в практику.

Дело в том, что растительный белок не из самых ценных. Надеемся, вы не забыли еще, что белки состоят из разных аминокислот; среди них есть заменимые и незаменимые. И лимитирует ценность пищи самая скудная из незаменимых аминокислот. Когда она исчерпана, вся прочая пища без пользы, вся идет на выброс. У животных свои биологические задачи, у растений — свои, не совпадающие с человеческими; белки готовятся для собственных задач. Как же сравнить белки, какие считать наилучшими? Видимо, для

животного лучше всего белки молока, специально созданные для питания. С молоком и приходится сравнивать белок всякий другой пищи.

Аминокислота	Содержание в 100 г белков коровьего молока	Аминокислоты в % от содержания в белках коровьего молока		
		говядина	мука	картофель
Триптофан	1,8	60	70	60
Лейцин	12,1	60	60	40
Изолейцин	7,9	60	60	60
Валин	8,6	60	50	60
Треонин	5,7	70	50	70
Лизин	10,7	70	20	50
Метионин	3,2	60	40	140
Фенилаланин	6,1	60	90	70
Гистидин	3,2	100	60	160

Из таблицы видно, что в белках говядины, муки и картофеля содержится примерно 60—70% незаменимых аминокислот по сравнению с молоком. При этом говядина всего ровнее, в ней нет резко дефицитных аминокислот. Говядиной, стало быть, можно заменить молоко, потребляя ее белки в большем количестве. У муки же очень мало лизина, а у картофеля маловато лейцина. Если добавлять их из каких-либо других продуктов, тогда и картофель будет не менее питателен, чем мясо.

Для кормления скота это имеет важнейшее значение уже сейчас, не в будущем. Улучшение кормов недостающими аминокислотами и называется балансированием. При расчетах растительных белков их сравнивают с идеальным белком — с казеином молока, сопоставляя по химическому показателю. Например, у пшеничной муки показатель 0,3. Это означает, что нужно съесть в 3 раза больше мучного белка, чтобы заменить белок молока. Если же добавить к муке

чистый лизин, питательная ценность ее резко поднимется... не в три раза. Она дойдет до уровня следующей лимитирующей аминокислоты — треонина в данном случае. Немножко лизина, немножко треонина, и у белков муки питательность белков молока.

Балансирование растительных белков аминокислотами
Таблица КЭБ (коэффициент эффективности белка)

Белок	КЭБ	Балансирующая добавка (в %)	КЭБ достигаемый
Казеин	2,5		
Просо	0,3	0,5% лизина + 0,2% треонина	2,5
Пшеница	1,0	0,4% лизина + 0,15% треонина	2,5
Кукуруза	1,4	0,3% лизина + 0,7% триптофана	2,4
Рис	1,5	0,2% лизина + 0,1% треонина	2,5
Овес	1,7	0,2% лизина + 0,1% треонина	2,5
Подсолнечник	1,3	0,4% лизина + 0,3% треонина	2,2
Хлопок	1,7	0,1% лизина + 0,3% треонина	2,6
Соя	1,9	0,23% лизина + 0,23% метионина	2,8

На животных все это проверено многочисленными опытами. В животноводческой практике применяется.

Да, в сущности, и мы, люди, испокон веков занимается балансированием, когда кладем на хлеб ломтик сыра или колбасы. Добавляем лизин и треонин с помощью сыра. А в некоторых странах, в Японии или в Чехословакии, например, лизин добавляют в тесто при выпечке хлеба. Именно такой хлеб дают на школьных завтраках. Ведь растущие дети особенно чувствительны к сбалансированной пище.

Это будущее, которое уже вошло в жизнь. Ежегодно в мире производится 25 тыс. т лизина и 100 тыс. т метионина на корм для скота и птицы. Пшеничная смесь с добавкой лизина, триптофана и метионина по питательности равна молоку, а с до-

бавкой треонина, лейцина и валина — лучше молока. Впрочем, тут еще не все выяснено до конца.

Метионин неприятен на вкус, при питании привередливых людей приходится с этим считаться. Предпочтительнее превращать его в более сложное удвоенное соединение — дипептид. Вкус требует удвоения, хотя в желудке этот дипептид все равно разбивается на отдельные аминокислоты.

Балансировать белок можно только в промышленных установках. На кухонном столе невозможно добиться равномерного перемешивания. Балансирование пищи не для домашних хозяек.

Нельзя добавлять аминокислоты и в макароны или крупу, т. е. в изделия, которые варят в воде, а потом воду сливают. К сожалению, все полезные добавки будут при этом слиты. Приходится «запечатывать» аминокислоты в изделия, так распределять, чтобы вода до них не доходила.

Впрочем, для супа это не имеет значения. Если аминокислоты и будут вымыты из макарон, все равно они попадут в тарелку.

Все это разные подходы к исключению одного из звеньев кормовой цепи. А сокращение каждого звена повышает выход продукции раз в десять, если не больше.

Вы запомнили, что телята используют для своего привеса только 8 % съеденной люцерны? Балансирование растительной пищи позволяет обходиться без животного звена.

Телятина без телят, баранина без баранов!

Балансировать можно любую растительную пищу. Но ближе всего к мясу белок сои, обычно его и берут за основу, балансируя метионином. Попутно получают соевое масло. Соевый творог тофу — традиционная пища японцев. Ежегодное производство таких продуктов в Японии — 1 млн. т, в США — около 500 тыс. т. Соевый белок добавляют в колбасы,

сосиски, фарш, увеличивая их вес и не ухудшая качества.

Достаточно чистый белок сои или пшеницы можно прясть, как прядут искусственный шелк, и получать волокна. Если их склеить, придать необходимый запах, вкус, цвет, получится самая разнообразная пища. Так, в каталоге одной из американских фирм значится:

Котлеты отбивные из пшеницы.

Жареное мясо из пшеницы.

Котлеты вегетарианские из пшеницы и сои.

Колбаса из сои и кукурузы.

Говядина из сои.

Ветчина из сои.

Сосиски из пшеницы и сои.

Цыпленок из сои.

Индюшатина — воскресное жаркое из сои и пшеницы.

Бекон из сои, пшеницы и дрожжей.

И еще десятка два мясных и вегетарианских блюд.

По вкусу эти продукты неотличимы от естественной пищи, по цене — дешевле и охотно покупаются.

Совершенно новый способ получения пищевых волокон из растительных белков был разработан и в нашем Институте элементоорганических соединений В. Б. Толстогузовым.

Превращение растительных белков в ветчину и сосиски полезно не только для удешевления пищи. Есть и другие серьезные преимущества на этом пути.

Во-первых, искусственные продукты можно составлять по рецептам науки о правильном питании, вкладывать в них точно необходимое количество белков, жиров, углеводов, витаминов и солей. При смешивании легко добавить лимитирующую аминокислоту и тем повысить питательную ценность.

Во-вторых, белки, жиры и углеводы, выделенные из зерен или бобов, химически однородны. Их можно

хранить по отдельности, и тогда они не портятся очень долгое время даже при нормальной температуре. Только при совместном хранении они портят друг друга.

В-третьих, в отличие от природных продуктов полученные по отдельности белки, жиры и углеводы стандартны по составу и свойствам. Это дает возможность организовать современную автоматизированную промышленную кулинарию. Обработку цыплят и телят, увы, на конвейер не поставишь.

Все это реальность сегодняшнего дня. Будущее в настоящем.

Хлеб без зерна. Итак, животное звено пищевой цепи удается исключить полностью. На очереди следующий шаг: исключение растительного звена — хлеб без зерна, хлеб без земледелия.

Имеется в виду получение пищи из дрожжей.

Пищевые дрожжи не новинка для человечества. Тысячелетиями применяют их в хлебопечении и виноделии. Хлебопекарные дрожжи сбраживают углеводы, выделяя углекислый газ и органические кислоты в тесто. Винные дрожжи сбраживают сахар, превращая его в винный спирт. Ведь и глюкозу (посмотрите еще раз на ее формулу) можно считать сложным спиртом, замкнутым в шестиугольник. Дрожжи раскалывают этот шестиугольник своими ферментами. Дрожжи — мельчайшие, микроскопические грибки. Биологи обычно относят их к самым примитивным, низшим растениям, не научившимся даже ловить солнечные лучи с помощью хлорофилла. По всей вероятности, дрожжи древнее растений, зародились в те времена, когда в атмосфере еще не было кислорода. Во всяком случае, окислять пищу они тоже не научились, могут только использовать готовые вещества... глюкозу, например, или же питаться отбросами, отходами производства бумаги,

сахара, а также спиртом, уксусной кислотой, углеводородами, в том числе и парафинами. Напоминаем, что парафины — это углеводородные полимеры с 16—26 атомами в цепи. Получают их из чистого лигроина в виде вазелинового масла. Стало быть, дрожжи можно кормить и нефтепродуктами.

Из парафина они строят свои одноклеточные тельца, а клеточки эти, как и все живое, состоят из белка (35—50%), углеводов (20—40%), жиров (5—20%), нуклеиновых кислот (10%) и многих витаминов.

Пища из отходов, пища из опилок, пища из нефти! Мало того, дрожжи готовят пищу в удивительном, сверхпромышленном темпе. Скорость роста у них колоссальная. В этом отношении они вне конкуренции.

	Время удвоения биомассы	Средняя относительная скорость накопления полноценного белка
Коровы	2 мес. – 5 лет	1
Свиньи	2 – 4 мес.	10
Куры	1 мес.	25
Злаки, бобовые	7 – 30 дней	30
Дрожжи, бактерии, одноклеточные водоросли	1 – 6 ч	18 000

Дрожжи накапливают белок в десятки тысяч раз быстрее, чем телята, в сотни раз быстрее зерновых и, в отличие от колосьев, — круглый год. Круглый год, и урожайность в сотни раз выше. Вот где горы готовой пищи!

К сожалению, не совсем готовой. Дрожжи в большом количестве даже вредны: вещества не в той пропорции, как нужно. Кроме того, в них чересчур много нуклеиновых кислот, до 10%. Человеку же вредна

пища, где больше 2% нуклеотидов. Приходится их удалять, обрабатывая дрожжи раствором поваренной соли, например.

Белки, жиры и углеводы дрожжей могут тоже отличаться от привычных. Требуется разделять их, удаляя нежелательные примеси.

Надо полагать, что вы не забыли еще то, что объяснялось в третьей главе: белки и углеводы — это биополимеры: белки—полипептиды, углеводы—полисахариды. Чтобы организм усваивал их, необходимо «поли» превратить в «моно». То же требуется и при обработке дрожжевой пищи. Обработка, к сожалению, непростая, поскольку химия дрожжей заметно отличается от растительной и животной.

У растений в основе каркаса — целлюлоза, у дрожжей — оболочка клетки из полисахаридов (тоже углеводов), состоящих из цепочек глюкозы и маннозы, сшитых мостиками из тетрапептидов, а в состав тех пептидов входят белковые и небелковые аминокислоты, да еще включения жиров. Такое строение обеспечивает и прочность, и эластичность. Разрушить оболочку клетки не так легко. Разрушают ее либо механическим путем, либо химическим.

Механический путь связан с резкой сменой давлений. При быстром движении в жидкости, в дрожжевом растворе в частности, появляются пузырьки. Когда они лопаются, возникают местные перепады давления. Так даже металл разрушают, не только дрожжевые клетки.

Химический путь — знакомый нам гидролиз — расщепление длинных молекул. Но для гидролиза требуется и нагревание, и крепкие кислоты, а кислота разъедает аппаратуру, да еще и разрушает аминокислоты. Поэтому предпочтительнее другой путь — не гидролиз, а автолиз — саморазрушение.

Для сельского хозяйства автолиз — бедствие, автолиз гноит овощи и фрукты, портит мясо. Но

здесь он полезен и выгоден. В живой дрожжевой клетке множество ферментов-разрушителей: протеазы для раскалывания полипротеидов, амилазы против полисахаридов, липазы — гибель липидов (жиров), нуклеазы — смерть нуклеотидам. В живой клетке все эти хищные «азы» заблокированы, в клетке, убитой высокой температурой, они бесконтрольно ломают все подряд. А потом обломки можно рассортировать. И получаются в чистом виде рассортированные по весу аминокислоты, нуклеотиды, углеводы и некоторые витамины, т. е. материл для приготовления любой пищи.

Не только дрожжи, но и другие микроорганизмы могут стать основой питания в будущем. Бактерии можно выращивать на природном газе. В мелких водоемах в Центральной Африке в изобилии растут одноклеточные водоросли, и местное население охотно употребляет их в пищу. А о хлорелле вы, вероятно, не раз читали в научно-фантастических романах. Предполагается, что она будет питать космонавтов в многолетних межзвездных полетах.

Микробы воспитанные и плохо воспитанные. Для питания микробам дают углеводороды, уксусную кислоту, а также и незаменимые вещества, химически чистые или в питательных экстрактах. Выход продукции при этом может быть до 60 %, КПД — 60 %. По сравнению с животными и растениями — невероятная эффективность.

Микробы сами изготовляют аминокислоты, необходимые для своих белков, заимствуя материал из внешней среды. Кроме того, они очень гибки, легко приспосабливаются к внешним условиям.

И вот представьте себе такую ситуацию, когда во внешней среде очень мало какого-либо витамина, остро необходимого для синтеза важной аминокислоты. Витамина мало, синтез тормозится, замедляется

рост и размножение, потомство клеток под угрозой вымирания. И тогда некоторые клетки, приспосабливаясь к неблагоприятным условиям, начинают производить нужные аминокислоты про запас, так, чтобы в ход пошла каждая молекула дефицитного витамина, не пропала бы ни одна. Тогда неиспользованные запасные аминокислоты уйдут за ненадобностью в окружающий раствор.

Так получают породы (штаммы) усиленной производительности.

Подобного результата можно добиться и с помощью сильно действующих химических веществ или жестких лучей — рентгеновских, радиоактивных излучений. Эти вещества или лучи изменяют гены. Нарушается наследственный механизм, клетка начинает производить иные продукты или в иной пропорции. Микробиологи отбирают самые продуктивные.

Так выведены новые породы плесени, дающей самые сильные антибиотики, куда более действенные, чем родоначальник всех антибиотиков — пенициллин. Так выводятся и новые породы микроорганизмов, вырабатывающих аминокислоты — L-глутаминовую, L-лизин, инозиновую кислоту.

Микробиологический синтез применяется все шире. Но при всех своих достоинствах есть у него и существенный недостаток. Микробы изменчивы и податливы, поддаются и хорошему влиянию, и дурному. Мы можем воспитать их, но неуловимые изменения внешней среды, например различия в составе воды весной и летом, сведут на нет наши усилия. В другой обстановке с таким трудом воспитанные микробы забудут все наши уроки, снова станут невоспитанными, непослушными. Поэтому при производстве не слишком сложных веществ химия все чаще старается обходиться без микроорганизмов, исключить и это звено из пищевой цепи, иметь дело только с энергией непосредственно и непосред-

ственно с молекулами — подавать продукт на стол, минуя желудки животных, минуя листья и зерна растений, минуя капризные фабрики одноклеточных микроорганизмов, так легко забывающих наши поучения.

Синтетическая пища

О пользе бесполезного. Мясо без скотоводства, хлеб без растений и земледелия, даже без дрожжей, воспитанных и невоспитанных; 65 незаменимых и заменимых веществ по списку, в том или ином соотношении. Вот и вся химическая сущность пищи. Изготовляй на заводах, смешивай на фабриках. Заманчивая картина.

Пищевые вещества, поступающие в кровь	
незаменимые	заменимые
8 или 10 аминокислот 2 жирные кислоты 17 витаминов 16 неорганических элементов, в том числе и микроэлементы	11 или 13 аминокислот 3 моносахарида 3 жирные кислоты глицерин
Итого: 43 – 45 веществ	18 – 20 веществ

Теоретически все возможно. Но все же остаются сомнения: вкусно ли получится? Не слишком ли дорого? И вообще, возможно ли? А может быть, что-то упущено, какое-то неведомое вещество, и человеку не пойдет на пользу искусственная смесь?

Проверить бы надо на опыте.

И опыты были поставлены... в связи с космосом, потому что именно космонавтам в долгие полеты неудобно брать емкие запасы.

Синтетическая пища для космоса была составлена американскими учеными Дж. Гринстейн и М. Уиницем. В смесь включили 45 незаменимых веществ и 5 заменимых, всего 50 (даже не 65!). 15 человек добровольно согласились провести на себе опыт. Почти полгода питались они этой смесью под тщательным медицинским наблюдением. Все они остались здоровыми.

Еще более длительный эксперимент — более двух лет — длился в клинике города Эрлангена (ФРГ). И здесь все завершилось благополучно. Единственное отклонение: несколько замедлилось пищеварение. Оказывается, для правильной работы желудка и кишечника необходимо, чтобы в пище была клетчатка. Сама она не переваривается, не усваивается, но, раздражая стенки тракта, усиливает пищеварение.

Выходит: и бесполезное полезно. И несъедобное необходимо в еде.

Все остальное было в полном порядке. Опыт доказал, что уже все существенные части пищи известны науке.

На печальных примерах. И еще одно доказательство добыто наукой. Правда, лучше бы обойтись без таких доводов.

Медицина знает крайне неприятную врожденную болезнь со сложным названием: фенилпировиноградная олигофрения. Встречается она не слишком часто: 1 случай на 10—15 тыс. рождений.

Олигофрения — это слабоумие. В данном случае оно зависит от неправильного обмена веществ, а неправильность заключается в том, что организм плохо окисляет фенилаланин, одну из незаменимых аминокислот. Избыток фенилаланина в мозгу у



маленьких детей и приводит к умственной отсталости.

Единственный путь лечения этой болезни — пища, не содержащая фенилаланина. Однако все без исключения белки содержат его. В случайно выбранном белке, который изображен на цветной таблице (см. с. 45), тоже оказались три молекулы. Медики предложили кормить больных детей искусственной смесью аминокислот, полностью лишенной фенилаланина. Даже 0,1 % — недопустимая примесь.

Примерно десять лет дети должны питаться этой смесью. Конечно, они получают и энергетическое питание: жиры, углеводы, а также и витамины. После десяти лет окрепший организм сам справляется с болезнью, дети вырастают здоровыми. Необходимая смесь аминокислот выпускается во многих странах, в том числе и в Советском Союзе под названием «гипофенат».

Так или иначе, но, прожив десять лет на искусственной смеси, дети вырастают здоровыми.

Если вся цель белкового питания — вводить в кровь аминокислоты, естественно возникает вопрос: нельзя ли их вводить в кровь непосредственно, не через рот?

В хирургической практике это применяется. После тяжелых операций, особенно на желудке или кишечнике, в течение одной-двух недель приходится питать больного внутривенно, вливая в кровь раствор, содержащий все аминокислоты или только незаменимые, а также глюкозу (или ксилит, или сорбит) и витамины. Только такой способ питания спасает больного. Лишнее доказательство, что возможно питаться смесью аминокислот.

Медицинские растворы эти можно рассматривать как разновидность синтетической пищи. Та же смесь, только в опытах для космоса люди глотали ее, а здесь получали через шприц.

Итак, главное сомнение разрешено: пищей, полученной химически, можно питаться. Перейдем ко второму: возможно ли организовать ее массовое производство?

Одно слово — две буквы. На этот вопрос можно ответить одним-единственным и очень коротким словом:

— Да!

Да, можно организовать промышленное производство всех 65 необходимых веществ, заменимых и незаменимых.

Если вас удовлетворил такой лаконичный ответ, можете пропустить эту главу, сразу перейти к 8-й, итоговой. Но читатели более вдумчивые и требовательные тут же спросят:

— Как?

И тут уж одним словом не отделаешься. Потребуется по меньшей мере 65 ответов, чтобы рассказать о

процессе получения 65 разных веществ, да еще сотни две, чтобы обсудить варианты получения. Все мы пересказывать не будем, дадим несколько характерных примеров.

Вот, например, схема промышленного синтеза D-метионина. Если не забыли, именно этой аминокислоты маловато в растительной пище, необходимо добавлять ее для балансирования белков пшеницы и сои. Производство ее налажено и в СССР, и в других странах.

Исходные вещества:

пропилен	$CH_3CH=CH_2$	горючий газ, сырье для пластмасс;
метиловый спирт	CH_3OH	древесный спирт, используют как растворитель;
сероводород	H_2S	газ с запахом тухлых яиц;
синильная кислота	HCN	смертельный яд, используют для производства пластмасс;
углекислый аммоний	$(NH_4)_2CO_3$	бесцветная соль, легкорастворимая, распадается на воздухе, используется в хлебопечении.

1. Пропилен окисляют с помощью катализаторов и получают акролеин, уже не газ, а жидкость, летучую, раздражающую глаза и горло.

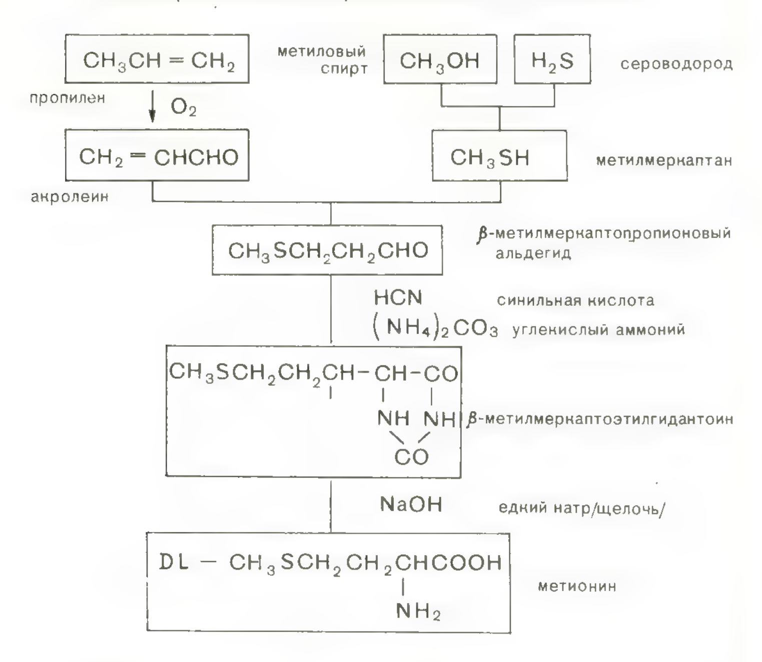
2. Одновременно древесный спирт соединяют с сероводородом и получают метилмеркаптан CH_3SH.

3. На следующей стадии акролеин соединяют с метилмеркаптаном и получают промежуточный продукт с пугающе длинным названием (и не будем пугать вас, приводя его).

4. Далее, на этот продукт воздействуют синильной кислотой и углекислым аммонием и получают второй промежуточный продукт с еще более длинным названием.

5. Его гидролизуют щелочью NaOH, и тогда уже рождается метионин.

Клетки в клетке. Получение метионина — пример чисто химического производства. Но там, где выгод-



но, химию сочетают с микробиологией. Так, например, в Японии организовано производство аспарагиновой кислоты (аминокислота из числа заменимых). Получают ее из фумаровой кислоты и аммиака, соединяя их с помощью фермента аспартазы, а фермент этот удобнее и дешевле получать от микроорганизмов. Но чтобы клетки работали дольше, их иммобилизуют, лишают возможности двигаться в растворе, заключая в студень из полиакриламида. Нити, образующие этот студень, создают как бы решетку вокруг клетки, как бы связывают ее веревками. Клетка в клетке! Сама она неподвижна, но продукт

ее деятельности — нужная нам аспарагиновая кислота поступает в раствор.

Можно ли клеить топором? Аспартаза, как и все другие ферменты, может работать в двух направлениях: туда и обратно, разрушать и создавать. Оказывается, ферменты ускоряют всякие реакции — прямые и обратные. Направление же их деятельности зависит от концентрации вещества. На просторе фермент разрушает, в гуще синтезирует.

Топор и клей в одном инструменте! Техника еще не создала такое.

Например, фермент триптофаназа синтезируется многими бактериями, родственными кишечной палочке, и служит он для разрушения триптофана. Но в растворе с высокой концентрацией та же триптофаназа монтирует триптофан из обломков.

И если по какой-либо причине для питания понадобятся не аминокислоты, а белки, не малые молекулы, а крупные, можно будет организовать их производство с помощью разрушающих ферментов.

Не лишено вероятия, что понадобится это для дальних космических полетов. Мы говорили, что, возможно, основой питания там будет плодовитая хлорелла. Но еще удобнее обходиться без растений-крахмалостроителей, начинать производство сразу с молекул. Видимо, основой послужит реакция, открытая А. М. Бутлеровым (великим русским химиком, автором структурных формул, которые так часто вы видите на страницах этой книги). В этой реакции формальдегид — формалин под воздействием известкового молока образует обширный набор углеводов, часть из которых годится в пищу.

Для синтеза же жиров можно ограничиться чистой химией. В третьей главе вы знакомились со структурой жиров — они напоминают серьги с тройной подвеской. Подвески же эти состоят из 14, 16, 18

звеньев; их тоже надо смонтировать из простых углеводородов. Что же касается глицерина, к которому прикреплены эти подвески, синтез его не проблема. Метод производства глицерина давно разработан. Сырье — знакомый вам газ пропилен, тот же самый, из которого готовится метионин. И процесс этот тоже пятиступенчатый. На пропилен воздействуют хлором, потом еще раз хлором, на следующий продукт реакции известью, затем кальцинированной содой и в заключение — водой.

После того как глицерин и жирные кислоты изготовлены, можно сделать жир с любыми свойствами: и жидкий, как подсолнечное масло, и легкоплавкий, как сливочное, и тугоплавкий, как баранье сало. Нужно только подобрать надлежащую пропорцию жирных кислот, насыщенных и ненасыщенных.

Витамины — не проблема. Все витамины в настоящее время производятся промышленностью на химических заводах из простых и доступных веществ. Исключение составляет витамин B_{12}, тот, что с атомом кобальта в центре. Из-за крайней сложности молекулы витамина B_{12} химики не берутся его синтезировать, предпочитают поручить изготовление этого витамина микроорганизмам.

Некоторые витаминные препараты (но не витамины) получают из природного сырья. Однако это менее надежно из-за обилия неконтролируемых примесей. Природа работает недостаточно чисто.

О семнадцати процессах изготовления семнадцати витаминов рассказывать вам не стоит. Изложим для примера только один: синтез самого популярного — витамина C — аскорбиновой кислоты.

Синтез этот, осуществляемый в промышленном масштабе, также состоит из пяти стадий. (Пять стадий не закон химии. У нас получилось случайное совпадение.)

Исходное вещество — природная D-глюкоза.

1. Глюкозу с помощью катализаторов восстанавливают водородом при давлении 80—100 атм и при температуре 135—140°. Получают D-сорбит.

2. D-сорбит окисляют с помощью уксуснокислых бактерий в L-сорбозу.

3. L-сорбозу обрабатывают ацетоном в присутствии серной кислоты, чтобы получить диацетон-L-сорбозу.

4. Диацетон-L-сорбозу выделяют щелочью и окисляют в щелочной среде марганцовокислым калием или гипохлоритом.

Продукт окисления называется диацетон-2-кето-L-гулоновой кислотой.

5. Кислоту эту, воздействуя на нее соляной кислотой в среде хлороформа или дихлорэтана, превращают наконец в аскорбиновую.

Едва ли вы все это запомнили, но лишний раз убедились, как сложно химическое производство, сколько выдумки и изобретательности нужно, чтобы организовать его.

Но хлеб должен пахнуть хлебом. Говорилось уже, что вкус не составляет большой проблемы для химии.

Соленый получается простейшим способом: добавлением поваренной соли. Существуют, однако, больные, которым соль противопоказана. Для них синтезированы производные аминокислот с интенсивно соленым вкусом.

Есть и горькие аминокислоты. Но с горечью чаще приходится бороться.

И кислый вкус не проблема. Все кислоты кислые. Любая кислота умеренной силы может употребляться и употребляется в пищу: уксусная, лимонная, щавелевая, адипиновая, аспарагиновая и многие другие. Уксусную кислоту синтезируют сотнями

тысяч тонн из метилового спирта и окиси углерода или же из бутана, бутилена и этилена

$$\begin{array}{l} CH_3OH \text{———} CO \\ \quad\quad\downarrow \\ \quad\quad CH_3COOH \quad \text{катализаторы} - Rh\text{, или } Co \end{array}$$

Лимонную же кислоту получают с помощью микроорганизмов из сахаристого сырья, например из патоки.

Синтез сладких веществ разработан хорошо. В пищевой промышленности все больше применения находит аспартам, который в 150 раз слаще сахара. По составу это дипептид — соединение двух аминокислот — аспарагиновой и фенилаланина. Химики постарались выяснить, от какой же из них зависит сладость. Оказалось, что замещение фенилаланина никакого влияния на вкус не оказывает. После этого удалось синтезировать и другие сладкие вещества на основе аспарагиновой кислоты. Одно из них слаще сахара в 50—70 раз, другое — в 130—200. Подобно сахару, они хорошо растворяются в воде, не имеют неприятного привкуса или запаха. Их с успехом применяют для придачи сладкого вкуса шоколаду, конфетам, чаю, пирожным, фруктовым сокам.

Запах же, как вы уже знаете, куда сложнее вкуса. Вероятно, вы не забыли список 159 ароматов печеного хлеба. К счастью, необязательно воспроизводить все 159. Обычно достаточно 2—4 аминокислот, пары сахаров, и такие простые смеси после нагревания дают запахи, не отличающиеся от натуральных.

Так, например, запах выпеченного хлеба дают: аргинин, ксилоза, дрожжи (или их автолизат), вода.

Запах какао дают: аргинин, глюкоза, сахароза, ванилин, дрожжи (или их автолизат), вода.

Запах жареного мяса дают: цистеин, глицин, глутаминовая кислота, ксилоза, глюкоза, вода.

Синтез ароматических соединений, входящих в состав пищи, — рядовая задача для органической химии. Еще проще синтез летучих соединений, образующих букет блюда. Но тут есть своя трудность. Летучие вещества по-разному поглощаются и по-разному улетучиваются из различных материалов. Возможно, из синтетического материала они будут улетучиваться не в нужном порядке, тогда при самом тщательном подборе наш синтетический обед будет на вкус неотличим, а пахнуть начнет иначе. Мы вынуждены позаботиться и о том, чтобы запечатать запах, законсервировать до подачи пищи на стол. Во многих случаях это удается.

Синтетическая химия запаха заложена, но далеко еще не завершена. Перед исследователями три возможные дороги.

Первая: воспроизведение реакций, благодаря которым возникают запахи во время приготовления пищи. Прежде всего имеется в виду упоминавшаяся выше реакция Майяра между аминокислотами и углеводами.

Вторая: синтез органических соединений, содержащихся в натуральных продуктах и определяющих их запах.

Третья: синтез простых веществ, дающих в смеси такой же запах, какой придают пище огонь или микроорганизмы при брожении, квашении и т. д.

Какая дорога будет выбрана? В каждом случае своя.

Копейки и минуты. Еще раз припомним нашу излюбленную схему с ребятами, телятами, люцерной и солнышком. Целых две главы посвятили мы рассказу о ее упрощении. Исключили из пищевой цепи животное звено, исключили растительное, потом микроорганическое, клеточное, дошли до простейшей реакции: энергия + атомы = пища.

Идеален ли этот наипростейший путь? Всегда ли пища будущего будет добываться именно так? Наверное, не всегда.

Вот и в производстве витаминов, где химия завоевала почти все позиции, все же витамин B_{12} производят грибки.

В экономике неуместно упрямство. Необязательно только природное, только химическое. Решают противоречивые соображения: что лучше для потребителя (полезнее, приятнее, привычнее) и что легче для производства (проще, дешевле, доступнее, возможно ли организовать вообще).

Старые пути, конечно, привычнее. Полезнее ли? Далеко не во всяком случае. Природная пища легко портится. С самого начала она заражена микроорганизмами, а хранить ее приходится долго — от урожая до урожая. Синтетическая может быть и чище и свежее. Синтетическая, кроме того, балансируется лучше. В природной бывает много лишнего материала — балласта для пищеварения. И не во всех странах возможно ограничиться природной пищей. Вот, например, в Азии, Африке, Южной Америке дефицит природного белка.

Что легче в производстве? Надеемся, вы не удивитесь, что легкость сравнивают по цене.

Возможно, не все вы, читающие, проходили основы политэкономии. Но проходившие знают, что стоимость всякого продукта зависит от количества вложенного в него общественно полезного труда. Чем длительнее, чем труднее, чем качественнее работа, тем дороже продукция. В зависимости от квалификации за минуту можно наработать (и заработать) на копейку, две, три... Минуты — это копейки, рубли и, соответственно, часы. Когда ваши родители покупают килограмм масла, они отдают несколько часов своего труда. В свою очередь, килограмм масла стоит 3 р. 60 к., потому что в него вложено в совокупности

несколько часов труда телятниц, доярок, рабочих маслозавода, упаковщиков, шоферов, продавцов — всех участников прокормления. Рубли — это часы труда.

После этого вступления вы с бо́льшим уважением и интересом отнесетесь к таблицам цен.

Во сколько же обходятся нам белки, жиры и витамины? Вы купили килограмм мяса, заплатили 2 р. (оплатили часы общественного труда часами труда ваших родителей). Что вы приобрели в килограмме?

Приобрели, между прочим, примерно 775 г воды. Дороговато за воду! Но выжмем ее. Не будем принимать во внимание. Будем считать, что деньги уплачены только за сухое вещество. 2 р. за 225 г сухого вещества. В том числе: 142 г белка (82%). Заплатили за них 1 р. 64 к. Стало быть, мясной белок куплен по цене 11 р. 60 к. за килограмм. Так же можно подсчитать цену углеводов, жиров и витаминов в любом продукте.

Дороже всего нам достаются витамины. Цена на животный белок сельскохозяйственного происхождения колеблется от 3 р. 46 к. до 19 р. 90 к. за килограмм. Цены на жир от 90 к. до 7 р. 57 к. Углеводы в молочных продуктах 65—75 к/кг, витамины же куда дороже: А стоит 3170—15900 р/кг, витамины B_1 и B_2 от 397 до 1989 р/кг, витамин РР от 58 до 290 р/кг. И только витамин С сравнительно дешев: 3 р. 17 к.

От чего зависит разнобой в цене? Главным образом от вкуса. Вырастить курицу или бычка труднее и дороже, чем пшеницу. Таким образом, дороговизна это как бы наценка на вкус. Цена питательных веществ в курятине всего лишь 15 к. (7%). Все остальное выплачивается за гастрономическое удовольствие.

Белки, жиры и углеводы растительного происхо-

ждения дешевле, чем животные, перечисленные в таблице. Наименьшие цены примерно такие:

Белок — 70 к. за килограмм.

Жир — 90 к. за килограмм.

Углеводы — 65 к. за килограмм.

И простейший естественный вывод. Синтетическая пища будет выгодна, если синтетический белок будет дешевле 70 к., синтетический жир дешевле 90 к., витамин С дешевле, чем 3 р. 17 к. за килограмм, и т. д. Добавим еще 1 р. на вкус и запах.

Каковы же сегодняшние возможности? Начнем с витаминов. Цена на витамины, производимые химическим или микробиологическим путем, такая:

Витамин А — 73 р/кг.

Витамин B_1 и B_2 — 500 р/кг.

Витамин С — 4 р/кг.

То есть цена на промышленный витамин А куда ниже природного, на витамин В — на нижнем пределе. Именно поэтому витамины производят искусственным путем. Ведь и выделение их тоже стоит недешево.

Синтетический белок пока можно рассматривать только микробиологический. Можно принять, что пищевые дрожжи стоят около 50 к. за килограмм, белок из них — около 1 р/кг, то есть дешевле белка мясного и несколько дороже растительного.

Поскольку сельское хозяйство обеспечивает потребность людей в углеводах и синтетическое производство их не налажено, трудно говорить о их цене. Но выше говорилось, что кукурузный сахар дешевле свекловичного, а если организовать массовое производство глюкозы из древесины, себестоимость ее будет примерно 20—23 к/кг, то есть раза в три ниже, чем себестоимость растительных углеводов.

Как это ни трудно, можно представить себе, во сколько обойдется вкус и запах. Можно представить, поскольку в ряде стран имеются в продаже мясопро-

дукты из сои и пшеницы. Там получается, что вкус, в переводе на наши деньги, обойдется в 1—2 р/кг, в зависимости от продукта. И в результате получится в синтетической говядине, например, на один килограмм:

Цена белка — 15—20 к.
« жира 7—10 к.
« вкуса 1 р.

Всего: 1р. 20—30 к.

Это уровень сегодняшнего дня. Но ведь сегодня химия пищи только начинается. Химики ищут и, конечно, найдут более практичные, более дешевые процессы. Еще не пущен в ход главный резерв крупной промышленности — возможность круглогодичного, массового, стандартизированного, автоматического производства. Массовость тоже ведет к дешевизне, а сэкономленные рубли — это сэкономленные труды. Копейки—минуты труда, рубли — часы; часы лишнего труда ваших родителей, часы времени, освобожденного для более интересных дел.

Сегодня и послезавтра

Сегодня. Пище будущего посвящена наша книга. Неоднократно вы слышали о том, что будущее начинается сегодня. Более того, будущее существует, зародилось еще в прошлом, но пока ростки его малы. Угадать их надо, увидеть в побегах кроны. И рассказывая о будущих делах, приглашая включиться в увлекательные поиски новых путей получения пищи, мы прежде всего должны уточнить исходную позицию: что же делается сегодня, кто занимается пищей будущего сегодня.

В Москве есть целый район, отведенный академи-

ческим институтам. На многие километры вдоль Ленинского проспекта шеренгами выстроились форпосты научной разведки: институты биологические, химические, физические, физико-химические. В том же районе стоит розоватое здание с решительными прямоугольными очертаниями, украшенное пестрой керамической мозаикой. Институт элементоорганических соединений — ИНЭОС!

Элементоорганическими называются соединения, содержащие наряду с органической основой другие элементы: металлы и неметаллы — железо, магний, кобальт, ртуть... Именно со ртутью начинал еще в молодые годы свои исследования в элементоорганике первый из авторов этой книги — Александр Николаевич Несмеянов. А позже, в 1960 г., будучи уже президентом Академии наук СССР, он впервые высказал идею о том, что органическая химия еще далеко не все сделала для изобилия питания, что необходимо разворачивать работу по синтезу пищи, в частности в нашем ИНЭОС. И вскоре под руководством академика Несмеянова второй автор этой книги — Василий Менандрович Беликов с небольшим коллективом сотрудников приступил к синтезу аминокислот. Небольшой коллектив этот стал как бы центром кристаллизации, сейчас в институте над проблемой синтеза пищи работает около ста человек.

Четырехэтажный институт наш — целая фабрика открытий. На каждом этаже — длиннющие коридоры с металлическими стенками кремового цвета. Это все шкафы с трубами, вентилями, рубильниками. Химическая работа требует предосторожности. Вновь полученные вещества иной раз проявляют каверзные свойства. Нужно выключать и включать воду, газ, вентиляцию, ток, не заходя в комнату.

Итак, около ста сотрудников, десятки лабораторий. Расскажем по порядку. Лаборатория синтеза пищевых веществ (В. М. Беликов). Синтез белков,

как вы уже знаете, начинается с аминокислот. Удобнее всего было бы, если удалось бы все аминокислоты получать из одного исходного вещества. В промышленности такой способ называется совмещенным. Таким исходным соединением может быть простейшая аминокислота — глицин или ее окисленный аналог — нитроуксусная кислота.

$$\underset{\displaystyle NH_2}{\overset{|}{CH_2}}-COOH \qquad \underset{\displaystyle NO_2}{\overset{|}{CH_2}}-COOH$$

В результате очень долгой работы удалось получить почти все аминокислоты, замещая один из атомов водорода в группе CH_2 на различные радикалы. Сейчас этот процесс уже переходит в промышленность. Если же нужно получить сразу смесь всех аминокислот, такая задача поручается хлебопекарным дрожжам, тем самым, которые кладут в тесто для праздничных пирогов. Можно заставить эти дрожжи переваривать самих себя. При этом, как в кишечнике, из белков получаются аминокислоты.

Поиски новых студнеобразователей для мармелада, зефира, пастилы, мороженого тоже ведутся в нашей лаборатории.

Для получения оптически активных соединений важную роль играет лаборатория В. А. Даванкова, где найдены твердые ионообменные смолы, содержащие ионы металла в виде комплексов и обладающие замечательным свойством. При пропускании растворов через колонку, наполненную такой смолой, расщепляются даже оптические антиподы — L-вещества и D-вещества.

Лаборатория биополимеров (С. В. Рогожин) занимается уже не звеньями белков, а целыми молекулами. Здесь выделяют белки из различных природных материалов: дрожжей, растений и др. И не только белки, но и жиры, и полисахариды.

В лаборатории химии запаха и вкуса (Р. В. Головня) проводят тончайший хроматографический анализ ароматных паров мяса или лососины, икры и сыра, составляют те гигантские таблицы, одну из которых мы приводили на с. 71—74. Не только составляют, но и анализируют, выясняя самые важные, ответственные за аромат бульона или сыра. Не только анализируют, но и синтезируют, смешивают и получают желательный запах.

Вся наша работа получает завершение в лаборатории новых пищевых форм (В. Б. Толстогузов). Тут химическая кулинария на самом высоком уровне. Изучается, как взаимодействуют между собой белки и полисахариды при нагревании, как образовать из них студень, или пленку, или волокна и при этом не потерять питательность, даже увеличить. Результат их работы: макароны и картофель с натуральным вкусом, но более питательные, чем мясо, разные крупы, мясо, сделанное из молока.

А технологическое оформление многих разработок — это заслуга большой лаборатории технологии (В. А. Сергеев, А. С. Коган). Здесь создается крупная — по лабораторным меркам — аппаратура. Опытные партии продуктов выпускаются сотнями килограммов, чтобы испытывать их в широком масштабе.

Само собой разумеется, один-единственный институт не может решить все проблемы пищи будущего. Параллельно ведется работа и в других местах. Наш институт больше занят белками, а в километрах двух от нас, в Московском университете, член-корреспондент АН СССР И. В. Березин и доктор химических наук А. А. Клесов ищут новые пути — как бы подешевле и получше получать сахар из целлюлозы. Используют для этого иммобилизованные ферменты (клетки, запертые в клетку!).

В том же академическом районе — институт, где

работает академик Н. М. Эмануэль. Он изучает скорость химических реакций, в частности скорость окисления жиров. Вы помните, что жиры, окисляясь, портятся, прогоркают. Н. М. Эмануэль предсказал и нашел специальные вещества — антиокислители, прерывающие цепь окислительных реакций и предотвращающие порчу жиров. Да и не одних жиров. Некоторые антиокислители замедляют рост раковых опухолей, некоторые, возможно, замедляют разрушение и старение клеток. Здесь химия переходит в медицину. Обычное явление в науке. Ведь в природе нет резких границ, все слитно, все взаимосвязано.

Связаны наши пищевые дела и с пищеварением. Его изучает член-корреспондент А. М. Уголев, работающий под Ленинградом, в Колтушах, где трудился наш знаменитый Иван Петрович Павлов. А. М. Уголев изучает капризы вкуса, аппетит. Почему вам вчера хотелось морковки, а сегодня пирожного, а завтра потянет на черный хлеб? Уголев нашел, что это не прихоть, а глубочайшие потребности организма, нуждающегося в полном обеспечении.

А. М. Уголев изучал и самый процесс пищеварения, выяснял, как именно проникает пища в кровь. Ведь кишечник не сито, не промокательная бумага. Оказывается, существует целый транспортный конвейер для молекул, как бы передача из рук в руки при погрузке. С той только разницей, что молекулы не только передают, но и сортируют, обрабатывают пищевой материал. Все это важно для синтетической пищи будущего. Мы должны знать, как приготовить пищу, чтобы она лучше усваивалась.

Сложна разветвленная проблема искусственной пищи. Тут и биология, и медицина, физика, химия и биохимия, технология, машиностроение, психология, экономика и социология. Работы хватит на всех. Будущие биологи, врачи, физики и химики, инженеры, психологи, экономисты, социологи, философы,



милости просим в наше дело! Есть о чем подумать, есть к чему приложить руки.

Послезавтра. И вот представим себе те времена, когда химия победила окончательно. Производство пищи перешло в промышленность. Страну кормят несколько десятков огромных комбинатов, расположенных в районах, богатых нефтью (для кормления дрожжей) или углем (для использования продуктов перегонки) или же неподалеку от больших городов — возле потребителя. Все они занимают площадь в несколько сотен квадратных километров... ну, несколько тысяч — от силы. И работают на них три-два миллиона человек... меньше миллиона — по мере развития автоматизации.

Что мы выиграли?

Надежность прежде всего. Не бывает неурожаев. Не играют роли засухи с суховеями, снежные и

бесснежные зимы, черные бури, ранние заморозки, ливни, град... хоть бы и в куриное яйцо. Не беспокоят нас пустые колосья, полегание хлебов, отсутствие дождей в начале лета, затяжные дожди в период уборки, не страшны гусеницы, жучки, полевые мыши, даже саранча. Комбинаты работают ритмично, круглогодично, круглосуточно, если нужно; продукция сдается в магазины точно по графику. Нет нужды делать запасы до следующего урожая и еще на год — на всякий случай. Больше не нужны огромные хранилища, где пища портится постепенно, и не нужны консервы, в которых витамины убиваются сразу же, при изготовлении.

Мы выиграли гигиеничность. Синтетическая пища свежее: ее не надо долго хранить. Естественная склонна портиться с первого дня хранения. В естественных продуктах много лишних, иной раз и вредных примесей, микробов; синтетическая пища стерильной рождается в химических аппаратах. И главное: синтетическую пищу можно точно дозировать, приспосабливать к нуждам среднего человека вообще и данного индивидуума в частности. В продукте медицински установленная пропорция жиров, белков и углеводов, и нет больше толстяков с ожирением сердца, нет болезней желудка и печени. И для больного можно подобрать специальные рационы. Вкус любой, запах любой, а содержание — по назначению врача.

Третья выгода... но не последняя по значению — моральная.

Питаясь мясом, мы вынуждены убивать миллионы быков, баранов, свиней, гусей, уток, кур, приучая тысячи и тысячи людей к хладнокровному кровопролитию, к работе кровавой и грязной. И очень это не вяжется с воспитанием любви к природе, доброты, сердечности.

Синтетическая пища снимает это противоречие

раз и навсегда. Будет мясо, но без кровопролития. Будут животные, но в парках, на воле.

И наконец, самое веское — экономия.

Экономия площадей прежде всего. Больше нет необходимости вспахивать, перекапывать, засаживать каждый клочок земли, тесня леса, рощи и луга, столь нужные для наших легких. Наоборот, теперь зеленые зоны вытесняют поля. Больше лесов, больше парков с дорожками и скамеечками для людей общительных, с укромными уголками и зарослями для любителей тишины, нетронутой природы. Реки станут полноводнее, больше будет чистой воды для плавания и водного спорта, больше кислорода для всех людей, воздух чище на планете.

Экономия воды. Уже и сейчас пресная вода — узкое место в мировом хозяйстве. Пресной воды не хватает для промышленности: есть страны, которые закупают пресную воду за границей, ведут за сотни и тысячи километров водопроводы. Между тем при искусственном орошении поливка полей требует примерно метрового слоя воды за лето. Вот и приходится строить плотины, отдавать прибрежные земли под водохранилища, ставить насосные станции, вести каналы, от каналов копать канавы, от канав — канавки. Синтетическая пища избавит нас от всего этого титанического труда.

Экономия труда! Безусловно, это самое существенное. Примерно треть рабочих рук занята у нас в сельском хозяйстве. Прибавьте к ним шоферов и железнодорожников, перевозящих продукты; добавьте рабочих тракторных, комбайновых, автомобильных заводов; добавьте пищевую и консервную промышленность, работников складов и работников прилавка, плюс столовые, кафе, закусочные. Получится, что не менее половины трудоспособных людей заняты у нас питанием. И мы еще не принимали в счет руки мамы, часа по два в день занятые чисткой

картошки, овощей, возней с мясом, вареным, жареным, провернутым, запеченным.

К чему приложить эти руки, куда пойдут десятки миллионов освободившихся работников?

Хотя бы в обслуживание. Действительно, в развивающихся странах иной раз 90 или 95 % людей заняты добычей пищи, а в странах развитых все больше и больше людей переходит в сферу обслуживания. Удобнее жить, приятнее жить, если много магазинов, а в них много продавцов, если много кино и театров, много прачечных и парикмахерских, много автобусов и троллейбусов, много больниц и много яслей, детских садов и школ.

О лечении и учении надо сказать особо.

Вы знаете, что в нашей стране лечение бесплатное, врачей больше, чем в самых развитых и самых многолюдных странах. Но пусть хорошее не будет врагом лучшего. Когда люди освободятся от добывания пищи, пускай часть их пойдет в медицину — самые заботливые, самые добросердечные.

То же относится и к школе. В нашей стране всеобщее среднее образование, бесплатные школы, бесплатные учебники, бесплатное образование для педагогов в техникумах и институтах. Но хорошее не враг лучшего. Было бы лучше построить вдвое больше школ и армию педагогов увеличить вдвое, по меньшей мере вдвое. Вы и сами знаете, те из вас, кто учится в специальных языковых школах, что для изучения языка группы делятся пополам. Учить языку сорок человек сразу практически невозможно: учитель не успевает заняться с каждым, каждому дать задание по способности. В результате вы равняетесь на отстающего, вы ждете самого медленного. На ожидание уходит большая часть школьного времени.

Когда в классе будет меньше народу, каждому учитель уделит больше внимания, меньше времени

посвятит проверке тетрадей, подумает, как сделать урок интереснее... для каждого в отдельности.

Когда появятся свободные руки (и головы), появится и свободное время. Это взаимосвязано. Если общество тратит половину труда на добычу пищи, значит, и средний член этого общества тратит на пропитание половину своего рабочего времени (и заработка). Но когда труды на производство пищи сводятся к минимуму, к минимуму сводится время, необходимое для этого производства. Освобождается время.

Для чего? Вот тут и встает, уже встала в масштабе страны непростая задача: научить людей использовать время с толком, раскрыть глаза на мир.

У вас раскрыты ли глаза? Будет ли вам интересно, если ученые найдут в космосе черную дыру? И создадут стабильное ядро атома № 114? И обнаружат ген математической гениальности? И выловят живого динозавра из озера Лох-Несс? И найдут вирус рака? И построят город на дне Каспийского моря? И из дрожжей изготовят краковскую колбасу? Если это задевает вас, если вас волнуют все эти новинки, ваша жизнь насыщеннее, интереснее. А если не волнует, учитесь интересоваться.

Широкий взгляд на мир поможет вам выбрать и профессию. Ведь прежде чем стучаться в двери ПТУ, техникумов и институтов, надо же представлять себе особенности будущей профессии.

А выбрав ее, продолжайте, продолжайте разузнавать о выставках пейзажистов, черных дырах, стабильных ядрах, генах, вирусах, динозаврах, морском дне и колбасе из дрожжей. Продолжайте разузнавать, потому что вам предстоит еще один выбор уже внутри специальности, выбор главного дела вашей жизни. И пусть это главное дело будет творческим, творческим в широком смысле этого слова: мастерством, искусством, наукой, поиском... любым делом,

но с творческим огоньком. А для творчества противопоказана ограниченность. Нужно знать многое.

Даже и наука может быть и творческой, и не очень творческой. В самом начале книги говорили мы, что история науки похожа на штурм многоэтажного здания: прорыв вверх и распространение, прорыв — и распространение по этажу. Открытие телескопа было таким прорывом в астрономии. До того небо наблюдали невооруженным глазом, насчитали несколько тысяч звезд, высказали кое-какие догадки, в основном неосновательные. Телескоп сразу показал миллионы звезд, горы на Луне, модели планетных систем, гадательную астрологию заменил подлинной наукой о небе. Прорывами были открытие микроскопа, спектрального анализа, клеток, генов, таблица Менделеева, структурные формулы Бутлерова. И в доисторические времена тоже бывали прорывы: открытие огня, лук, приручение животных, земледелие, бронза, железо...

Прорывы были в прошлом, прорывы намечаются и сейчас, почти в каждой науке. К подготовке иных наука уже приступила, другие ожидаются в следующем столетии. Например, в энергетике ожидается прорыв к гелиотехнике — использованию энергии Солнца. В медицине поговаривают о прорыве к отмене старения: от лечения стариков к омоложению. Прорыв в генетике — управление наследственностью. Прорыв в метеорологии — управление климатом. Прорыв в геологии — управление рудообразованием. Прорыв в психологии — создание способностей, воспитание талантов, может быть и гениальных творцов.

А в органической химии — создание искусственной пищи, которая избавит человека от ежедневной заботы о хлебе насущном, подарит ему половину времени и сил, освободит руки, голову и часы для совершенствования природы и самих себя.



Содержание

Трудоемкая проблема
3

Калории и молекулы
14

Биохимический букварь
21

Пищеварительный конвейер
49

Вкусно, ароматно, красиво
62

Сокращение звеньев
78

Синтетическая пища
103

Сегодня и послезавтра
117



Издательство «Педагогика»

Пища будущего

Александр Николаевич Несмеянов, Василий Менандрович Беликов

ДЛЯ СРЕДНЕГО И СТАРШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Художник
Н. Руданов

Макет художника
Н. Руданова

Редактор
О. Владимирская

Художественный редактор **Н. Комарова**

Технические редакторы **О. Самойлова, И. Володина**

Корректор
В. С. Антонова

ИБ № 347
Сдано в набор 13.07.78. Подписано в печать 08.02.79. А10119. Формат $70 \times 100/_{32}$. Бумага офсетная. Эксцельсиор, офсет. Усл. печ. л. 5,16. Уч.-изд. л. 5,42. Тираж 200 000 экз.
Заказ № 1919.
Цена 30 коп.

Издательство «Педагогика» Академии педагогических наук СССР и Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, 107847, Лефортовский пер., 8.

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Калинин, пр. Ленина, 5.



30 коп.

Читайте
следующую
книгу
библиотечки
«Ученые —
школьнику»!

●

Целый куст самых несхожих между собой прикладных наук обслуживает современное строительство — от инженерной геологии до эстетики, от прикладной математики до социально-демографических исследований. Потому что чрезвычайно сложны и разнообразны проблемы заказчика этих исследований — строительства, которое одновременно решает и что надо строить, и где, и в каких количествах, и как, чтобы обеспечить нашим зданиям прочность и привлекательность, долговечность и комфорт. И строить с максимальным экономическим эффектом и в кратчайшие сроки.

Поиск ответов на эти вопросы и ведут строительные науки, каждая в отдельности прорабатывая свои задачи, объединяясь все вместе для изучения наиболее сложных комплексных проблем. Рассказ о некоторых из этих проблем, о конкретных научных дисциплинах, участвующих в их разработке, об их методах, трудностях и достижениях и составляет содержание следующей книги серии, которая называется «Польза, прочность, красота». Написали ее профессор А. Н. Попов и кандидат архитектуры В. Т. Шимко.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПЕДАГОГИКА»